

CARTILLAS CIENTÍFICAS

POR EL

PROFESOR T. H. HUXLEY

NUEVA YORK
D. APPLETON Y COMPAÑÍA
1, 3 Y 5 BOND STREET

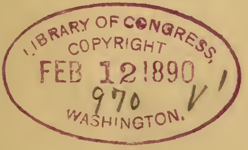
CARTILLAS CIENTÍFICAS, *compuestas por los Profesores* HUXLEY, ROSCOE, *y* BALFOUR STEWART

INTRODUCCION AL ESTUDIO DE LAS CIENCIAS

INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE LAS CIENCIAS

POR EL

PROFESOR T. H. HUXLEY



NUEVA YORK
D. APPLETON Y COMPAÑÍA
1, 3, Y 5 BOND STREET
1890

PRÓLOGO.

LA *Introducción al Estudio de las Ciencias del* Profesor Huxley, es, como su mismo título lo indica, un estudio preparatorio que sirve de fundamento para la adquisición de los conocimientos elementales, y para la mejor comprensión de esos mismos conocimientos.

Esta obrita es la base de la Serie de *Cartillas Científicas* de la cual forma parte, y fué preparada expresamente con este objeto por el sabio Inglés.

La presente edición castellana debió haberse publicado hace tiempo; pero el mal cumplimiento de las personas encargadas de traducirla y revisarla, ocasionó demoras inesperadas é inevitables, á causa de las muchas correcciones. No obstante ésto, aun salen ciertas páginas de la presente edición con algunos errores; sobre todo en las reducciones de pesas y medidas, que por fortuna son de muy poca importancia y fáciles de subsanar.

Por lo demás, en esta obra se han introducido todas las modificaciones, descubrimientos científicos y teorías modernas, publicadas por el autor en su libro sobre los adelantos de la ciencia durante los últimos cincuenta años; quedando en este sentido más completa que la misma edición Inglesa.

NUEVA YORK, *Diciembre de 1889.*

ÍNDICE.

SECCIÓN I.

LA NATURALEZA Y LA CIENCIA.

SECCIÓN II.

OBJETOS MATERIALES CUERPOS Ó SUSTANCIAS MINERALES.

PÁRRAFOS PÁGINA

CUERPOS VIVOS.

III. OBJETOS MATERIALES.

INTRODUCCIÓN
AL ESTUDIO DE LAS CIENCIAS

SECCIÓN I

LA NATURALEZA Y LA CIENCIA

1. *Sensaciones y Cosas ú Objetos.*

Cuando estamos despiertos, siempre aprendemos por medio de nuestros *sentidos*, algo sobre el mundo en que vivimos y del cual formamos parte; sabemos que constantemente palpamos, oímos, olemos, y de no estar en la oscuridad, también vemos, y por intervalos gustamos. Las percepciones que de esta manera obtenemos, se llaman *sensaciones*.

Al percibir cualquiera de estas sensaciones, decimos que palpamos, oímos, olemos, vemos, ó gustamos alguna cosa. Un olor peculiar nos hace decir que olemos cebollas por ejemplo; cierto sabor, que comemos manzanas; un sonido especial, nos indica que pasa un carro ó vehículo, y una visión que presenta á nuestros ojos una imagen determinada, nos hace decir que vemos un árbol, etc. Á lo que percibimos por medio de nuestros sentidos, le damos el nombre de *cosa* ú *objeto*.

2. *Causas y Efectos.*

Decimos también que todas esas cosas ú objetos, son la *causa* de las sensaciones que sentimos; y que

esas mismas sensaciones, son los efectos de tales causas. Cuando oímos cierto ruido, decimos que es causado por un carro ó vehículo que pasa por la calle, y que dicho ruido, es el *efecto* ó la consecuencia del paso de un carro ó vehículo. Si percibimos olor á quemado, lo creemos el efecto de alguna cosa que está ardiendo, y buscamos con ansiedad para averiguar la causa del olor. Finalmente, al ver un árbol, creemos que en nuestro campo visual hay una cosa ú objeto que es la causa de la imagen que vemos.

3. *La Razón ó el Por qué de las Cosas. Su Explicación.*

En el caso del olor á quemado, cuando á nuestro derredor encontramos que hay algo que arde, decimos indiferentemente ó que, hemos hallado la causa del olor, ó bien que sabemos la *razón* ó el *por qué* percibimos el olor, ó bien que nos hemos *explicado* la causa del olor. Ahora bien, lo que es la causa de una cosa, es el efecto de otra; así, si suponemos que la causa del olor á quemado, es paja que arde, inmediatamente nos preguntamos, ¿qué ocasionó el fuego? ó ¿cuál será la causa de encontrarse la paja ardiendo? Si por casualidad averiguamos que una pajuela ó un fósforo de cerillo ha sido arrojado en la paja, decimos que la pajuela ó el fósforo han sido la causa del fuego; pero como el fósforo ó pajuela no estaría por sí sólo en aquel lugar si alguna persona no la hubiera puesto allí deducimos, que la presencia del uno ó de la otra, es el efecto producido por alguien como causa; y

entonces nos preguntamos ¿por qué pondrían aquí el fósforo? ¿sería puesto por descuido ó intencionalmente? Si así fué ¿cuál sería el motivo ó la causa que le indujo á hacer tal cosa? y ¿cuál sería la razón que produjera tal motivo? Como se ve no habría fin á esa clase de preguntas que necesariamente proceden una de otra.

En suma, creemos que cada cosa es el efecto de otra que la ha precedido como causa; y que esta causa es el efecto de otra, y de este modo, por medio de una cadena de causas y efectos, investigamos las cosas hasta donde nos lleva nuestra curiosidad. Se dice que una cosa ha sido explicada, tan pronto como descubrimos la causa ó la razón de porqué existe. La explicación es completa si podemos averiguar la causa de la causa, y cuanto mayor sea el número de causas y efectos que podamos reunir, tanto más satisfactoria será la explicación. Sin embargo, la explicación de una cosa, no puede ser del todo completa, porque los conocimientos más avanzados del hombre, son muy limitados con respecto al principio de las cosas.

4. *Propiedades y potencias.*

Cuando vemos que una cosa es siempre la causa de tal ó cual efecto, á ese efecto le llamamos algunas veces *propiedad* de la cosa; y otras *potencia* ó *fuerza*. Así, las cebollas tienen un olor peculiar y cada vez que nos acercamos una á la nariz, el olfato nos hace sentir la misma sensación, en igualdad de circunstancias. El plomo decimos que es pesado, porque tantas veces como cogemos un pedazo de

este metal, sentimos la sensación especial que nos causa su peso. Una corriente de agua, decimos que tiene fuerza para mover una rueda de molino, ó una noria, porque las hace dar vueltas; y finalmente decimos también que una serpiente venenosa, tiene potencia suficiente para matar á un hombre, porque su veneno puede causarle la muerte. De ahí que llamemos propiedades, potencias y fuerzas á ciertos efectos, causados por cosas que según se dice las poseen, de uno ú otro modo.

5. *Objetos Naturales y Artificiales. Naturaleza.*

Á muchas de las cosas que percibimos y conocemos por medio de nuestros sentidos, y que han sido formadas, arregladas ó por decirlo así hechas por la mano ó el *arte* del hombre, las llamamos *objetos ó cosas artificiales,* como lo son: las casas, los muebles, los carros, las máquinas, etc., etc. Sin embargo, un número mucho mayor de cosas no deben nada á la mano del hombre, y si éste no existiera, dichas cosas serían lo mismo que son, como por ejemplo: la bóveda celeste, las nubes, el sol, la luna, las estrellas, la mar con sus escollos y sus costas de guijos ó de arena, la tierra con las lomas, los valles y cañadas, y todas las plantas y animales silvestres se llaman *objetos ó cosas naturales,* y al conjunto *naturaleza.*

6. *Cosas ú objetos artificiales, son cosas ú objetos naturales, formados, reunidos ó separados por la mano del hombre.*

Á pesar de que es fácil y conveniente hacer la distinción entre *naturaleza* y *arte* y entre cosas

naturales y artificiales; sin embargo, es necesario recordar que en su principio todas las cosas son naturales, y hasta los objetos que nosotros decimos que están hechos por los hombres, no son sino cosas ú objetos naturales á los que el hombre ha dado forma, ó los ha aplicado á algún fin; además en el sentido de *crear*, es decir, dar existencia á una cosa, es imposible que el hombre pueda hacerlo. Por otro lado, debemos recordar, que lo que hacen los hombres al dar forma, unir ó separar los objetos, lo hacen en virtud de la propiedad ó facultad que ellos tienen en sí mismos como objetos naturales que son. Por eso las cosas artificiales son las producidas por la acción que sobre las demás cosas tiene, aquella parte de la naturaleza á que llamamos especie humana.

Comunmente decimos "hacer" una caja, y está bien dicho, si queremos dar á entender que hemos labrado la madera y que por medio de clavos, hemos unido las diferentes piezas. Un reloj es "hecho" de oro y otros metales, arena, soda y rubíes, reunidos y labrados de varias maneras. Una levita está "hecha" de la producción natural que llamamos lana; y una saya ó bata están "hechas" de cosas naturales, como el algodón ó la seda. Por otra parte, los hombres que hacen todas las cosas de que hablamos, son en ellos mismos cosas naturales.

Los carpinteros, albañiles, zapateros, y todos los artesanos y artistas, son personas que han llegado á adquirir tales conocimientos sobre las propiedades de ciertos objetos naturales, y de la cadena de causas y efectos que en ellos se producen en

la naturaleza, que están en condiciones de poder labrar, reunir y separar esos objetos naturales de manera que puedan ser útiles al hombre.

Un sillero no podría "hacer" una silla si no supiera algunas de las propiedades de la madera, de la paja, etc.; un herrador no podría "hacer" una herradura, si ignorara la propiedad que tiene el hierro de ablandarse y ser fácil de trabajar cuando se ha calentado al rojo; un tejero, tiene necesariamente que saber alguna de las propiedades de los barros; y finalmente un plomero no llegaría á hacer bien sus trabajos, si ignorara que el plomo tiene las propiedades de ser blando y flexible y de que se funde á muy baja temperatura.

Por lo dicho se deduce, que para practicar cualquier arte ú oficio, es necesario tener cierto conocimiento sobre las causas y efectos naturales de los objetos que en él se empleen; y que el adelanto en la industria, depende del mayor conocimiento de las propiedades de los objetos naturales, y en descubrir la manera de convertir esas propiedades, por la conexión de causas y efectos en cosas útiles para nosotros mismos.

7. *Muchos objetos naturales y el encadenamiento de las causas y efectos de sus propiedades en la naturaleza, son conocimientos que están fuera de nuestro alcance.*

Entre las cosas naturales como acabamos de ver, hay algunas que podemos conocer y utilizar; pero todas las grandes cosas que nos presenta la naturaleza y el enlace de las causas y efectos que ponen

en conexión unas con otras, nos es casi totalmente desconocido. El sol sale y se pone, la luna y las estrellas se mueven en la bóveda celeste, las tempestades y el buen tiempo alternan y la mar cambia rápidamente de las más grandes marejadas á la mayor calma, según sea que reinen vientos fuertes ó casi imperceptibles. Gran número de plantas y animales, aparecen sobre la tierra, viven por algún tiempo y desaparecen sin que nos den lugar á investigar la influencia que ejercen en la magestuosa sucesión de las grandes series de hechos en la naturaleza ; los huracanes devastan una región, los terremotos destruyen otra y las erupciones volcánicas cubren de desolación una tercera ; y en todos estos casos, la influencia que el hombre puede ejercer, es poco menos que nada ; y mientras permanezca en la ignorancia, no dejará de ser sino un mero juguete de las grandes fuerzas de la naturaleza.

8. *Orden de la Naturaleza. Nada sucede por mero accidente. La Casualidad no existe.*

Cuando el hombre empieza á estudiar cuidadosamente la naturaleza, lo primero que aprende, es que algunos acontecimientos ocurren obedeciendo á un orden regular, y que algunas causas, dan siempre lugar á los mismos efectos. El sol siempre sale y se pone por los mismos puntos de la bóveda celeste ; los cambios de la luna se siguen unos á otros en orden regular y á intervalos semejantes ó iguales ; algunas estrellas nunca desaparecen del horizonte en que vivimos, las estaciones son más ó menos regulares, el agua siempre corre de arriba

hacia abajo, el fuego siempre quema, las plantas crecen de las simientes y producen otras, las que á su vez producen plantas iguales, los animales nacen, crecen, llegan á la madurez y mueren en todos los siglos casi del mismo modo. Por eso, poco á poco el hombre fué comprendiendo las nociones del *orden de la naturaleza*, con relación á las causas y efectos, y mientras que el orden prevalecía, todas las cosas parecían tener explicación; pero las cosas que no podían ser explicadas, se decía que eran ocasionadas por el *azar*, ó bien que sucedían por mero *accidente* ó *casualidad*. Sin embargo, cuanto más se ha estudiado la naturaleza, mejor se ha visto que el orden prevalecía en todo, y aquellas cosas que se creían hijas del desorden, no son ahora consideradas sino como cosas complejas. En nuestros días no hay quien crea que una cosa sucede por simple azar, ni que haya accidentes que no tengan causa propia. Si decimos que una cosa ha sucedido por azar, ó por casualidad, todo aquel que nos oye admite, que lo que queremos dar á entender, es que ignoramos la causa ó la razón por la que ha llegado á suceder tal cosa. Azar, casualidad y accidente, significan simplemente *ignorancia*, y nada más.

Supongámonos asomados á la ventana y que llueve con viento fuerte, y las ramas de los árboles se balancean con fuerza hacia atrás y adelante y de arriba á abajo. Pudiera haber sucedido, que un hombre buscase abrigo bajo uno de esos árboles, y que una ráfaga de viento quebrara una rama, cayera sobre el hombre y lo hiriera gravemente. Se diría, un *accidente* lo hizo, y el hombre mismo diría: el

azar lo ha hecho; la *casualidad* me hizo salir de casa, dió la *casualidad* de que me refugié debajo del árbol y así sucedió el *accidente;* pero no existe tal azar, casualidad ni accidente. Como sabemos, la tempestad es el efecto de causas que operan en la atmósfera, quien sabe si á cientos de millas de distancia; cada movimiento de las hojas, es la consecuencia de la fuerza mecánica del viento que actúa sobre la superficie de ellas; si la rama se rompe, será como consecuencia de la relación de la fuerza del viento con la resistencia de la rama misma, la cual si cae sobre el hombre, será en consecuencia de otras causas naturales bien definidas; y finalmente la posición que ocupara el hombre debajo del árbol, es el último término en una serie de causas y efectos que se han seguido en el orden natural, á la causa cuyo efecto fué que el hombre saliera de su casa y el efecto de ésta, el que fuera á guarecerse debajo del árbol.

9. *Leyes de la Naturaleza. Leyes no son Causas.* Cuando por medio de cuidadosa observación, llegamos á ver que una cosa es siempre la causa de cierto efecto, ó que ciertas cosas que ocurren, tienen siempre lugar siguiendo el mismo orden; decimos que hemos descubierto una *ley de la naturaleza.* Así, es una ley de la naturaleza, el que cualquier cosa pesada si no tiene un punto de sostén ó apoyo, caiga al suelo; también lo es, que el plomo en condiciones ordinarias sea blando y pesado, y el pedernal duro y quebradizo; éstas son *leyes* porque la experiencia nos ha enseñado que las cosas pesa-

das, cuando no tienen sostén, caen al suelo ; que en condiciones ordinarias el plomo es blando y pesado, el pedernal es siempre duro.

Es cierto que á cualquiera de las propiedades que conocemos de los objetos naturales y acerca de su orden natural, podríamos llamarle ley de la naturaleza ; pero no son las leyes las causas del orden de la naturaleza, sino la manera que tenemos de expresar lo que hemos averiguado sobre dicho orden. Las piedras, no caen al suelo en consecuencia de la ley que acabamos de citar, como se dice con frecuencia ; sino que esa ley es la manera de confirmar lo que invariablemente sucede, cuando en la superficie de la tierra, cualquier cuerpo pesado se halla en movimiento, y las piedras como sabemos, se encuentran en ese caso.

Las leyes de la naturaleza, en este concepto, son semejantes á las leyes que los hombres hacen para guiar la conducta de los unos para con los otros. Hay leyes sobre el pago de contribuciones y leyes en contra del robo y del asesinato, etc. ; pero las leyes no son causa de que el hombre pague contribución ni tampoco de que se abstenga de robar ó matar ; puesto que la ley no es sino un simple manifiesto, en el que dice, lo que ha de sucederle al hombre que no pague la contribución, ó al que robe ó mate ; y la causa por la cual se pagan las contribuciones, y se abstienen de cometer robo ó asesinato, á falta de mejor motivo, es el miedo á las consecuencias, que es el efecto de su creencia en lo que la ley pone de manifiesto. Una ley humana nos permite conjeturar cual será la conducta de la

sociedad bajo ciertas circunstancias; y una ley de la naturaleza, nos dice lo que en circunstancias dadas debemos esperar algo de la acción de los objetos naturales. Cada una de esas leyes contiene cierta información dirigida á nuestra inteligencia, y si exceptuamos la influencia que en ella ejercen, no son sino meras palabras dichas á viva voz ó por escrito.

Al mismo tiempo que vemos la analogía que existe entre las leyes humanas y las de la naturaleza, existen entre ellas diferencias esenciales que no deberán ser pasadas por alto. Las leyes humanas, son mandamientos dirigidos á agentes que tienen voluntad propia y pueden obedecerlas ó no; pero la ley no pierde su valor ni queda anulada, porque alguno ó muchos falten á sus preceptos. Por otro lado, las leyes de la naturaleza no son mandatos, sino aserciones con respecto al orden invariable de la naturaleza, y sólo se consideran leyes mientras expresan ese orden. Hacer mención de la nulidad ó violación de una ley de la naturaleza es un absurdo, y lo único que la frase puede querer decir, es que bajo ciertas circunstancias dadas, la aserción contenida en la ley no es cierta, teniendo la conclusión de que el orden de la naturaleza no ha sido interrumpido, sino que nosotros nos hemos equivocado al relatarlo. Una verdadera ley natural, es una regla universal y como tal no admite excepciones.

Finalmente, las leyes humanas carecen de sentido en lo que se relaciona con la existencia de la sociedad humana; mientras que las leyes naturales, expresan el curso general de la naturaleza, de la cual, la sociedad humana forma una parte muy pequeña.

10. *El Conocimiento de la Naturaleza es el Guía de la Conducta Práctica.*

Si nada sucede por casualidad ó al azar, y en la naturaleza todo sigue un orden definido, y si las leyes de la naturaleza abrazan en sí todo lo que hemos podido aprender y expresar en lenguaje preciso, acerca del orden de la naturaleza, es de gran importancia para nosotros, el conocer el mayor número posible de dichas leyes, con el objeto de que por medio de ellas podamos guiar nuestra conducta.

El hombre que quisiera vivir en un país sin tener conocimiento alguno de sus leyes, y llegara por su ignorancia á encontrase envuelto en alguna cuestión judicial; al ser multado ó puesto en prisión, las personas inteligentes considerarían qne había merecido aquel castigo, aunque no fuera más que por su imperdonable abandono.

Lo mismo sucede á cualquiera que pretenda vivir sobre la tierra, sin ocuparse de las leyes de la naturaleza; no sólo vivirá poco y mal, sino que además sufrirá penalidades y contratiempos; puesto que una de las peculiaridades de las leyes naturales, es que hacen sentir su castigo sin aviso ni juicio alguno. No cabe la menor duda, de que nadie podría vivir medio día, sin atender á algunas de ellas. Todos los días mueren miles de miles, y muchos llevan una vida miserable, porque no han sido lo celosos que debieran ser en estudiar el código de la naturaleza.

Hemos visto, que el éxito en la práctica de las artes y las industrias, depende del conocimiento de las propiedades de los objetos naturales; y aun-

que sea difícil para nosotros, ejercer una influencia directa y decisiva sobre los grandes objetos naturales, en la sucesión general de causas y efectos de la naturaleza ; sin embargo, si conocemos sus propiedades y fuerzas, y el orden normal de los sucesos, podremos evitar lo que nos sea perjudicial y aprovecharnos de lo que nos sea favorable. Por eso, aunque los hombres no pueden alterar el orden en que se siguen las estaciones, ni cambiar el proceso de crecimiento en las plantas, como han aprendido el orden de la naturaleza en ambas cosas, se aprovechan de ello para hacer á tiempo la siembra y la cosecha. El hombre no puede hacer que soplen los vientos; pero cuando soplan, aprovecha su fuerza para hacer marchar los buques, ó para poner en movimiento los molinos de viento : no puede evitar la caída del rayo; pero lo hace inofensivo por medio de conductores ó pararrayos, cuya construcción implica el conocimiento de algunas de las leyes de la electricidad, de las que el rayo es una simple manifestación. Finalmente, como el conocimiento de las leyes de la naturaleza sobre los objetos que estamos en relación, nos puede prevenir de lo que es de esperar que suceda, haremos bien en guiarnos por el proverbio : "hombre prevenido vale por dos."

11. *La Ciencia es el Conocimiento de las Leyes de la Naturaleza, adquirido por medio de la Observación, el Experimento y el Raciocinio.*

Es imposible establecer diferencia alguna entre el conocimiento vulgar y el conocimiento científico

de las cosas, como también entre el razonamiento común y el científico ; puesto que hablando con propiedad, todo conocimiento verdadero es *Ciencia* y todo razonamiento exacto es científico. Los métodos de *Observación* y *Experimentos* por los que tan buenos resultados se obtienen en el estudio de la ciencia, son iguales á los que empleamos todos los días de nuestra vida ; con la sóla diferencia, de que se hacen con más cuidado y precisión. Cuando un niño compra un juguete, observa sus caracteres y hace experimentos sobre sus propiedades ; y todos nosotros, estamos igualmente y sin cesar observando y experimentando con alguna cosa.

Sin embargo, aquellos que nunca han observado con verdadera precisión, se sorprenderán al saber la dificultad que hay en observar bien. No existe ni el uno por ciento de personas que puedan describir ni aún con visos de exactitud, la cosa más común que han presenciado; es decir, que ó bien omitirán el hacer mención de alguna circunstancia importante del hecho, ó bien relatarán otras que se imaginan que debieron haber sucedido y las dan por hechas. Cuando dos testigos fieles se contradicen delante de un juez al declarar sobre algún hecho que ambos han presenciado ; generalmente uno de ellos, y á veces los dos, confunden sus propias deducciones, respecto á lo que han visto, con aquello que verdaderamente han presenciado. Juan, jura que Pedro le robó un bolsillo; pero resulta al fin, que Juan sintió únicamente que le habían metido una mano en el bolsillo cuando Pedro estaba cerca de él, y Pedro no fué el ladrón, sino Diego, á quien Juan

no había observado. Las personas que no tienen instrucción ni práctica en observar, mezclan de una manera sorprendente sus ideas y deducciones con lo que han visto, y hasta los observadores más cuidadosos y acostumbrados, están en peligro constante de caer en ese error.

La observación científica, es plena, precisa y libre de toda deducción ó consecuencia de la cual no se tenga conciencia exacta.

Experimento se llama, á la observación de lo que ocurre cuando intencionalmente unimos ó separamos objetos naturales; ó bien si de cualquier manera, cambiamos las condiciones bajo las cuales están. Por eso diremos que experimento científico, es la observación científica llevada á cabo bajo condiciones artificiales de las que tenemos un conocimiento exacto.

Sabemos que el agua se hiela, como resultado de una observación común; pero ésta se hace científica, en el momento en que podemos establecer con exactitud las condiciones en las que el agua se convierte en hielo. Los experimentos más comunes, nos dicen que ciertas maderas flotan sobre el agua; mientras que los científicos, nos hacen ver que la madera para flotar, desaloja un peso de agua igual á su propio peso.

Los *Razonamientos* científicos, difieren de los comunes de la misma manera, que las observaciones y los experimentos científicos, se diferencian de los que todo el mundo hace; es decir, que la sóla diferencia, depende en la exactitud y precisión por lo que es tan difícil razonar como observar con exactitud.

En los razonamientos científicos, las reglas generales se reunen por la observación de muchos casos particulares, y cuando se establecen estas reglas, se deducen conclusiones como las que hacemos todos los días. Si un muchacho nos dice que "los mármoles son duros," es porque deduce esta conclusión general, por los pedazos de mármol que ha visto y palpado, y razonó del modo que técnicamente llamamos de *inducción.* Si el muchacho rehusa romper el pedazo de mármol con los dientes, es porque consciente ó inconscientemente lleva á cabo una *deducción* de la regla general, y es la de que "los mármoles son muy duros para que uno pueda romperlos de ese modo."

La *Lógica* trata extensamente sobre razonamientos en cuyo estudio no podemos extendernos aquí; (Véase "Nociones de Lógica" por Jevons): pero basta saber, que las leyes de la naturaleza son reglas generales que nos enseñan la manera como actúan los objetos naturales, y han sido reunidas, después de innumerables observaciones y experimentos. Los resultados prácticos y teóricos de la ciencia, son el producto de razonamientos deductivos de esas reglas generales.

Por lo que acabamos de decir, vemos que á pesar de que las gentes se imaginan que la ciencia se opone al sentido común, por el contrario, la ciencia es el sentido común más perfecto; el raciocinio ó razonamiento científico, es simplemente el raciocinio común muy cuidadoso, y los conocimientos comunes se hacen científicos á medida que se hacen exactos y completos.

En resumen, el principio de la ciencia está basado en el conocimiento común; y debemos extender dicho conocimiento por medio de observaciones y experimentos, y aprender la manera de establecer el resultado de nuestras investigaciones en reglas generales y de una manera exacta. Finalmente, debemos aprender á razonar sobre esas reglas con exactitud, llegando así á explicaciones racionales sobre los fenómenos naturales que pueden ser lo suficiente para servirnos de guía en la vida práctica.

SECCIÓN II

OBJETOS MATERIALES. CUERPOS Ó SUSTANCIAS MINERALES.

12. *La Sustancia Natural llamada Agua.*

El agua es una de las sustancias naturales más comunes; en una ú otra forma, todos hacemos uso de ella diariamente, por lo que todos tienen también conocimientos generales de ella. Sin embargo, es muy probable que una gran parte de estos conocimientos, hayan sido desatendidos por aquellos que los poseen; de modo que los que nunca se han ocupado en estudiar lo mucho que puede aprenderse sobre el agua, ignoran sus propiedades, y las leyes de la naturaleza que las ilustran, por lo que no pueden explicarse muchas cosas de fácil comprensión. Esto ya dicho vamos á dar principio á

nuestras investigaciones científicas comenzando con el estudio de las propiedades del agua.

13. *Un Vaso de Agua.*

Supongamos que tenemos para el experimento la mitad de un vaso de agua. El vaso, como todos lo sabemos, es un objeto artificial, es decir que lo ha formado un hombre, después de reunir varias sustancias naturales y exponerlas al fuego hasta que fundiéndose, se han hecho cristal, al que el obrero le ha dado forma. El agua es una sustancia natural, traída ya sea de un río, manantial, lago, ó bien de una cisterna ó algibe donde se ha recogido de la lluvia que cae en los tejados de las casas. Observemos que el agua tiene un gran número de propiedades que le son peculiares, como: la transparencia, es decir, que puede verse un objeto á través de ella. Si introducimos la mano en el agua, sentimos una sensación mayor ó menor de frío ; si la bebemos, nos calma la sed, y además disuelve el azúcar y otras muchas sustancias ; pero todos estos caracteres, no son acaso los más esenciales para comenzar el estudio sobre ella.

14. *El Agua ocupa Espacio, ofrece Resistencia, tiene Peso, y es capaz de trasmitir el movimiento que se le haya impreso ; por lo que es una de las formas de la materia.*

Por lo dicho en el párrafo anterior, vemos que el agua llena la cavidad del vaso hasta la mitad de su altura ocupando dicho *espacio* ó lo que es igual aquel *volumen.* Si introducimos el extremo

cerrado ó inferior de otro vaso casi del mismo tamaño dentro del primero veremos que: cuando el vaso introducido llega á tocar el agua, ésta se elevará ó se derramará, antes que el segundo vaso haya penetrado mucho en el primero; lo mismo que uno que se caiga al agua, desde una altura, recibirá un golpe al llegar á ella. Estos dos ejemplos nos prueban, que el agua ofrece *resistencia.* Si el agua se derrama el vaso quedará más ligero que antes de haberse derramado, lo que prueba que el agua tiene *peso* propio. Finalmente si arrojamos el agua del vaso contra un objeto cualquiera que no esté bien apoyado ó sujeto, al chocar con él, lo derribará; lo que nos muestra que el agua puesta en movimiento, es capaz de *trasmitir* dicho movimiento á otro objeto.

Todos estos *fenómenos*, como se han dado en llamar, son efectos de los que es causa el agua en las condiciones indicadas y por esta razón, también puede decirse, que son propiedades del agua.

Todas las cosas que ocupan espacio, ofrecen resistencia, tienen peso, y trasmiten el movimiento á otras cosas cuando chocan contra ellas, son designadas con el nombre de *cuerpos* ó *sustancias materiales* ó simplemente *materia;* por estas razones el agua, es una especie ó forma de la materia.

15. *El Agua es un cuerpo Líquido.*

Fácilmente se observa que, aunque el agua ocupa espacio, no tiene forma definida, sino que por el contrario se adapta con exactitud á la figura ó forma del vaso que la contiene. Si el vaso es cilín-

drico el contorno de la superficie del agua, será circular cuando el vaso está en posición vertical, y después, sin ninguna interrupción en la línea de su contorno cambiará y se hará más ovalada á medida que el vaso se va inclinando ; además cualquiera que sea la figura interior del vaso donde se eche, siempre se adaptará exactamente á su forma. Si se mete el dedo en el agua, se puede mover en todas direcciones casi sin sentir resistencia alguna ; y al sacarlo, no deja ningún agujero, puesto que el agua viene de todos los costados á llenar el espacio que ocupaba el dedo. No puede cogerse un puñado de agua, porque se escapa de las manos ; y es también imposible el hacer con ella un montón que se sostenga en una posición permanente, todo lo cual nos demuestra, que cada una y todas las partículas de que se compone el agua, se mueven unas sobre otras con gran facilidad. Otro experimento que ilustra lo que decimos, es el de que, si inclinamos el vaso hacia un lado, el agua dejando de tener punto de apoyo por allí, llega á pasar sobre el borde y forma una *corriente*, derramándose por el suelo, donde se extiende ; bien para correr hacia la parte más baja del piso, ó bien desapareciendo poco á poco en el lugar donde cayó. Apesar de que las partículas del agua ruedan y resbalan tan fácilmente unas sobre otras, hasta cierto punto, demuestran su tendencia á permanecer unidas. Si tocamos cuidadosamente la superficie del agua con la punta del dedo, una pequeña cantidad se nos quedará adherida, y si entonces levantamos el dedo poco á poco y con cuidado, el agua que esté á su

alrededor, antes de separarse, se levantará formando una columna delgada que llega hasta hacerse perceptible á la simple vista. Por la mañana temprano cuando ha caído un fuerte rocío, vemos colgar de las hojas de col ó repollo, y de las hierbecillas, gotas esféricas suspendidas, que se mantienen así por efecto de la tendencia á estar unidas sus partículas, dando lugar á producir un resultado semejante al que hemos descrito antes con respecto al dedo.

Las sustancias materiales cuyas partículas se ponen en movimiento con tanta facilidad, que se adaptan con exactitud á las paredes de las vasijas que los contienen, y que se derraman si por un momento dejan de tener apoyo, se les designa con el nombre de *fluidos ;* y los fluidos cuyas partes no tienden á separarse, sino que se sostienen unidas como las del agua, se llaman *líquidos*, por consiguiente, el agua es un líquido.

16. *El Agua es casi incompresible.*

Hemos visto que el agua lo mismo que cualquiera otra sustancia material, opone resistencia á la introducción de otro cuerpo ó materia que se quiera poner en el lugar que ella ocupa ; pero hay muchas cosas, que aunque oponen resistencia, se pueden *estrujar* ó *comprimir* reduciéndolas á un volumen más pequeño. Sin embargo, esto no puede hacerse con el agua, que como casi todos los otros líquidos es casi *incompresible ;* es decir, que necesitan estar expuestos á una presión muy grande, para poder disminuir su volumen de una manera que se

pueda notar, ó en otros términos, que la reducción sea apreciable. Parece extraño que una sustancia como el agua, que á primera vista uno se la imagina tan poco consistente, sea casi tan difícil de comprimir como el hierro; pero la poca consistencia aparente del agua, es debida á la facilidad con que cambia de forma, siendo muy difícil comprimir sus partículas entre sí. Se ha demostrado, que si en una vasija á propósito se pone una cantidad de agua, y se cierra convenientemente, se necesita una presión como de 6 kilogramos y 930 gramos (15 libras) por cada 625 milímetros cuadrados (cerca de 1 pulgada), para disminuir su volumen en $\frac{1}{20000}$. Para probarlo, se hace uso de una jeringa común y después de asegurarnos de que el *émbolo* ó *pistón* ajusta perfectamente al *cilindro* ó *tubo*, se mete el extremo de la jeringa en agua y se tira del pistón hasta que quede llena ; entonces diríjase el pico de salida hacia arriba, y se empuja el pistón hasta que saliendo un poco de agua, quedemos convencidos de que el cilindro está completamente lleno. Una vez hecho esto, se pone el dedo bien ajustado á la salida y se procura á comprimir el pistón; cosa que no podrá hacerse, sino empleando una fuerza enorme, y si observamos que el pistón se ha movido, será porque parte del agua se ha escapado por los costados del mismo. En efecto, si el pistón presenta 625 milímetros cuadrados de superficie (cerca de 1 pulgada), ajusta perfectamente al cilindro y la columna de agua contenida en éste, es también de 250 milímetros (1 pulgada lineal), sería necesario que sobre el pistón actuara una fuerza igual á una

presión de próximamente 13,860 kilos (cerca de trece toneladas) para hacerle bajar un décimo de altura ó sea 2 milímetros y medio $\frac{1}{10}$ de pulgada.

17. *Significación de la palabra Peso.*

Consideremos ahora la propiedad que llamamos peso. Decimos que una cosa tiene peso, cuando para levantarla del suelo ó sostenerla suspendida en las manos tenemos necesidad de hacer algún esfuerzo; ó también decimos que tiene peso lo que estando suspendido en el aire, cae al suelo en el instante que quitamos ó cortamos el objeto que lo suspende. En este momento hablamos del suelo refiriéndonos simplemente á la superficie de la tierra; y como todos los cuerpos que no están suspendidos ó sujetos por alguna cosa caen siempre directamente hacia el suelo, podemos decir, que todos los cuerpos que son pesados tienden á caer de esa manera, sin que tenga nada que ver, la parte de la superficie de la tierra que elijamos para hacer nuestro experimento. La lluvia sabemos, que consiste en gotas de agua, que caen y es lo mismo que veamos llover en América ó en Australia, puesto que en todos los sitios las gotas siempre se dirigen hacia el suelo. Ahora bien, como sabemos que la tierra es una esfera y que todos los lugares tienen puntos diametralmente opuestos al otro lado de ella, los cuales se llaman antípodos; si en dos de estos, Inglaterra y Nueva Zelandia por ejemplo, llueve al mismo tiempo, las gotas tienen que caer en dirección opuesta con respecto á cada uno de los dos países, ó sea en la dirección del centro de la tierra, que queda

entre ellas. Es evidente que todos los cuerpos que tienen peso, tienden á caer hacia el centro de la tierra ó lo que es lo mismo, no habiendo ningún objeto que se oponga á ello, todos los cuerpos llevan esa misma dirección en su caída, y cuando hablamos de peso ó pesantez, nos referimos á esta tendencia á caer. Decir que una cosa es pesada ó que pesa, indica que sino tiene un lugar sobre el cual se apoye, caerá al suelo, ó también, que si una persona la tiene en la mano tiene que hacer un esfuerzo más ó menos grande para evitar su caída.

18. *Gravedad y Gravitación.*

Cuando empezó á usarse la palabra *gravedad*, tenía el mismo significado que peso y de todo cuerpo pesado, se decía que *gravitaba* hacia el centro de la tierra. En la actualidad la palabra gravedad ha adquirido un significado más extenso que el de peso, porque un gran número de experimentos y observaciones cuidadosas, han establecido la regla general ó ley de la naturaleza de que : todas las sustancias materiales tienden mutuamente á aproximarse y unirse de la misma manera que lo hace una gota de lluvia cuando cae en la tierra. Dos porciones ó cantidades de materia ó sustancia, cualquiera que sea la naturaleza de ellas, si no hay de por medio cosa alguna que les impida reunirse, se moverán siempre la una hacia la otra. Para aclarar esto, supondremos que las únicas cosas ó cuerpos materiales que existen en la naturaleza son dos gotas de agua esféricas, y cuyo diámetro es de dos milímetros y medio ($\frac{1}{10}$ de pulgada). Las

dos gotas tendrán un volumen exactamente igual, y además la materia contenida en ellas será equivalente la una de la otra. Sea cualquiera la distancia que separen las dos gotas, ambas comenzarán á aproximarse la una de la otra moviéndose las dos con una velocidad gradual y creciente; y finalmente, se encontrarán en un punto que será precisamente la mitad de la distancia que en un principio las separaba. Ahora bien, si el volumen de una de las gotas es mayor que el de la otra, en ese caso, la mayor se moverá más despacio ó sea con mayor lentitud; y el punto de reunión de ambas, será proporcionalmente más cerca de la gota mayor. De esto se deduce, que si una de las gotas fuera tan grande como la tierra y la otra del tamaño ordinario, es decir, tan gruesa como una gota de lluvia, la velocidad de moción de la masa mayor en su dirección de proximídad hacia la pequeña, sería tan poca comparada con la distancia recorrida, que es inconcebible. Parecería como que la masa mayor estaba completamente quieta y que atraía hacia sí la masa menor. Esto es ni más ni menos lo que sucede cuando una gota de agua cae de una nube, que por ejemplo se halla á la distancia de una milla de la tierra. La tierra se mueve hacia la gota según ella se mueve hacia la tierra, y en la línea recta que une los centros de ambas; pero la longitud de la línea que recorre cada una, es *inversamente proporcional* á la cantidad de materia que contienen; es decir, que cuanto mayor es la cantidad de materia, menor es la velocidad con que se mueven. Aquí tenemos una regla de tres in-

versa, que plantearíamos así: la cantidad de materia contenida en la tierra, : es á la contenida en la gota de agua, :: como una milla de distancia recorrida por la gota, : es á la distancia recorrida por la tierra. Llevando á cabo este cálculo, se verá que el cuarto término de la proporción, tiene por valor una ínfima fracción de metro. Fundándonos en esto, debemos considerar para todos los casos prácticos, que la tierra está inmóvil con respecto á los cuerpos que caen hacia ella; mucho más, cuando sabemos que la cantidad de materia de cualquier cuerpo que caiga, es absolutamente insignificante en relación á la contenida en la tierra.

Todo lo que acabamos de decir sobre volúmenes de agua, según nuestros conocimientos, es cierto también refiriéndonos á cualquier clase de materia, y por eso decimos, que es una ley de la naturaleza el que todos los cuerpos tienen gravedad; ó lo que es lo mismo, que dos cuerpos cualesquiera tienden á moverse el uno hacia el otro, con una velocidad que es menor en el que contiene mayor cantidad de materia, que esta velocidad está en razón inversa á la cantidad de materia contenida en ambos cuerpos, y según se aproximan entre sí, cada uno de ellos acelera su marcha.

Lo que generalmente se llama *ley de gravitación*, no es sino la relación de los mismos hechos que acabamos de mencionar; pero cuya observación ha sido llevada á cabo de una manera más completa.

19. *Causa del Peso: Atracción: Fuerza.*

No sabemos casi nada sobre la causa por la que

los cuerpos tienen peso. Los cuerpos no caen hacia la tierra como consecuencia de la ley de gravitación y ésta no puede tampoco darnos una esplicación convincente del porqué ó causa de la caída. Gravedad, según hemos visto, es simplemente un nombre para peso ; y la ley de gravitación no hace más que explicarnos *cómo* ó de qué manera los cuerpos se aproximan unos á otros ; pero no el *porqué* de esa tendencia á aproximarse.

Se dice con frecuencia, que gravitación es *atracción*, y que los cuerpos caen porque la tierra los atrae ; pero la palabra "atraer," no quiere decir más que "traer hacia sí," y "atracción," significa la "acción de traer hacia sí." Por eso si cuando dos cuerpos se mueven para reunirse decimos que se atraen no hacemos más que describir el hecho ; pero no adelantaremos absolutamente nada en los conocimientos que teníamos ; y más bien, por el contrario, si no tenemos el mayor cuidado en apreciar el verdadero significado de las palabras que usamos, caemos en el peligro de retroceder en vez de avanzar. Las palabras "atraer hacia sí" están tan íntimamente relacionadas con cuerdas, ganchos, poleas y los muchos aparatos que conocemos para hacer tracción, que alguno casi podría llegar á forjarse en la imaginación, que en el caso de la atracción mutua de dos cuerpos, existía algún aparato invisible que llevaba á cabo dicha acción.

También se habla de gravitación como si fuera una *fuerza*, y como sea que la palabra fuerza se usa con mucha frecuencia, vamos á explicar lo que nosotros queremos decir con ella. Se dice que un

hombre ejerce fuerza, cuando aprieta, empuja ó de cualquier modo oprime ó pone en movimiento un objeto. La fuerza de un atleta se prueba por la presión de su puño ; y la de un tirador de barra, por la velocidad del movimiento de ésta cuando ha sido arrojada. Por lo tanto, fuerza es el nombre con el que designamos toda causa de presión ó de movimiento, y por consiguiente fuerza de gravedad, quiere decir ó indica, la causa de la presión que sentimos cuando sujetamos en el aire un cuerpo que posee gravedad y que se halla en su movimiento libre de caída hacia el centro de la tierra. Sin embargo, sobre la causa de estos fenómenos, no sabemos absolutamente nada.

Por hacer mal uso de las palabras que hemos empleado, se originan un gran número de errores, puesto que generalmente se emplean como si fueran nombres de cosas, que tuvieran una existencia independiente de los objetos naturales, y de las causas y efectos que están expuestos ante nosotros para su observación ; siendo en realidad, simples nombres de las causas desconocidas de determinados fenómenos. Además, es muy conveniente é importante, el tomar empeño por tener ideas y conocimientos claros de estas palabras, lo que podemos hacer fácilmente al comenzar nuestros estudios científicos.

Ahora, mientras tratamos de esto, repetiremos que de acuerdo con nuestros conocimientos, es una ley de la naturaleza que ; si dos cuerpos pueden moverse libremente, se aproximan uno á otro con una velocidad gradual y creciente, y el espacio

que cada uno recorre antes de reunirse, es inversamente proporcional á la cantidad de materia que cada uno contiene. El nombre con el cual se designa este hecho es *atracción* ó *gravitación; peso* ó *pesantez* sirven para designar el mismo hecho pero sólo cuando tratamos de cuerpos terrestres; *fuerza* es el nombre con que llamamos la causa desconocida del efecto que la produce. Finalmente es necesario saber, que los nombres no tienen gran importancia, mientras no olvidemos que son simples palabras y no cosas.

20. *El Peso del Agua es proporcional á su Volumen.*

Ahora vamos á considerar no el peso en general, sino el del agua en particular. Decimos que un vaso lleno de agua, es más pesado que cuando está vacío; porque el que está lleno de agua nos hace sentir un esfuerzo mayor ó hacer más fuerza para suspenderle que el que está sin ella; y cuanto mayor es la cantidad contenida en la vasija ó vaso, mayor será el esfuerzo. Para suspender ó levantar del suelo una herrada, balde ó cubo llena de agua tenemos que hacer un gran esfuerzo, mientras que apenas la sentimos si está vacía; y lo mismo nos resulta con otras vasijas. Así vemos que cuanto mayor es el volumen de agua, también es mayor el peso, y cuando el volumen contenido es pequeño, el peso es también menor. Si tenemos una gota de agua en la palma de la mano, nos parece que no tiene peso alguno; sin embargo eso no puede ser, puesto que la gota si se la deja libre cae al suelo,

luego tiene que tener peso. Además varios miles de gotas llenarán el vaso y si cada mil gotas pesan uno tres cincuenta gramos, cada gota tiene que tener una milésima de su peso total. El hecho es, que nuestros sentidos, son una medida muy errónea para el peso, y no sólo no nos permiten comparar los pesos pequeños, sino que si estos son muy chicos tampoco podemos percibirlos. Para saber con precisión lo que es el peso, debemos recurrir á un instrumento cuya disposición es apropiada para medirlos con exactitud y es llamado balanza.

21. *Medida de los Pesos. La Balanza.*

El instrumento á que nos referimos es una *balanza* ó *peso* como los que vemos en las tiendas de víveres, ó en la carnicería. Se compone de una barra llamada *brazo ó astil*, que en su punto medio tiene un eje que la atraviesa, y sobre el cual se mueve libremente. En este punto, se halla suspendida la barra por una pieza de hierro en medio de la cual hay una aguja indicadora que se llama *fiel.* De los extremos de los brazos ó astil, están suspendidos por cadenas dos platillos que sirven para poner los objetos cuyo peso queremos hallar. Mientras los dos platillos están vacíos, el fiel se sostiene perpendicular ; pero en el momento que se echa peso en alguno de ellos y al bajar el platillo sobre el cual hemos puesto el objeto, el fiel se inclina hacia el mismo lado á la vez que el otro platillo se eleva ; si por el peso de un cuerpo ó por un esfuerzo, hacemos bajar el platillo, en ese caso, el fiel vendrá á ponerse en línea perpendicular ; pero

para lograrlo es menester que el peso que ponemos ó el esfuerzo que hacemos en el segundo platillo, sea igual al peso que hemos puesto sobre el primero. Una onza de peso sobre un platillo, se levanta fácilmente con una pequeña presión hecha con dedo sobre el otro ; una libra requiere un esfuerzo mucho mayor ; diez libras necesitan ya el esfuerzo del brazo ; para levantar cincuenta libras se necesita mucho más; y para un peso de doscientas libras es necesario un esfuerzo casi extremo sobre el platillo vacío.

Suponiendo que en vez de ejercer presión sobre el platillo vacío, se pone sobre él alguna cosa que tenga peso, en ese caso tan pronto como el peso puesto en el un platillo es igual al del otro, los brazos de la balanza estarán en línea horizontal y el fiel quedará perpendicular. En efecto, como el un platillo tiene la misma tendencia que el otro para moverse hacia el centro de la tierra, y y como ninguno de ellos puede bajar sin elevar el opuesto, resulta que la fuerza de ambos se neutraliza, es decir, se igualan y contrapesan. La misma cosa sucedería si dos muchachos de igual fuerza tiraran ó halaran el uno del otro, mientras las fuerzas ejercidas en dirección opuesta fueran iguales, ninguno de los dos muchachos podría menearse ; pero la más pequeña adición de fuerza que se le diera á uno, éste en seguida se llevaría tras sí al otro.

22. *El Peso de un Volumen de Agua dado es siempre el mismo, encontrándose en las mismas condiciones y circunstancias. Masa. Densidad.*

Supongamos que ponemos dos vasos de cristal

muy ligeros, graduados y del mismo tamaño uno en cada platillo de la balanza, haciéndoles contrapesarse exactamente; si entonces echamos una sola gota de agua en uno de ellos, siendo la balanza buena, descenderá hacia el mismo lado demostrándonos que la gota de agua tiene peso. Si las medidas marcadas en cada uno de los vasos son exactas, cualquier cantidad de agua puesta en el uno, requiere la misma cantidad en el otro para contrapesarse; lo que demuestra palpablemente que *un volumen de agua dado, bajo las mismas circunstancias tiene el mismo peso.*

Dijimos antes, que dos cuerpos tienden á moverse respectivamente uno hacia otro con una velocidad relativa* que es inversamente proporcional á la cantidad de materia que contiene. Ahora bien ¿cómo mediremos la cantidad de materia contenida en los cuerpos? ¿lo haremos por el espacio que ocupan, es decir por su volumen; ó averiguaremos la cantidad de materia que contienen midiendo su peso? No tardaremos en saber, que el volumen de todos los cuerpos cambia constantemente por efecto de la mayor ó menor presión que los demás objetos ejercen sobre ellos y todavía más, por los cambios de temperatura á que están expuestos; pero el peso de un mismo cuerpo, en un punto determinado de la superficie de la tierra, nunca se altera; por esa

* La velocidad se mide por la distancia que recorre un cuerpo en una cantidad de tiempo. De dos cuerpos, uno de los cuales recorre un pie por segundo y el otro dos en el mismo tiempo, este último lleva la velocidad relativa mayor entre ambos cuerpos.

razón tomaremos el peso de un cuerpo como medida de la cantidad de materia que contiene. De esto se deduce, que en cuerpos del mismo peso, el de mayor volumen contiene menos materia en proporción á su volumen ; y al contrario cuanto más pequeño es el volumen mayor es la cantidad de materia contenida en proporción á él. Á la proporción que hay entre el volumen y el peso de los cuerpos, la llamamos *densidad.*

Ahora bien, la verdad que demostramos con el agua es también cierta con respecto á todos los otros cuerpos ó sustancias materiales. Suponiendo que derramamos el contenido de uno de los vasos llenos de agua que según antes dijimos se contrapesaban en la balanza, entonces el platillo que contiene el vaso lleno irá hacia abajo ; pero si le remplazamos de nuevo, volveremos á tener el contrapeso perdido, y esto podremos hacerlo también por medio de un pedazo de plomo que tenga el mismo peso que el del agua contenida en el otro vaso. En este caso, la pieza de plomo representará el peso correspondiente ó equivalente á la cantidad de agua que había en el vaso, y si continuamos nuestro experimento y contrapesamos ahora el plomo con piezas de hierro ó bronce, tendremos que cada nno representará el peso correspondiente del agua ó lo que es lo mismo el peso de cada uno de ellos entre sí. Es innecesario hacer notar, que los volúmenes del bronce, el hierro, y el plomo que usamos para contrapesar el agua, serían mucho menores que el de ésta ; de lo que se deduce que las densidades de estos metales ó sea la cantidad de materia conteni-

da en el mismo volumen, será mucho mayor que la del agua.

Lo que en el comercio llamamos *pesas* no son más que piezas de plomo, hierro ó bronce, cuyo peso es exactamente igual á cierta cantidad de agua puesta en condiciones convencionales. Así *un kilógramo* ($2\frac{1}{6}$ *lbrs.*) *es el peso equivalente al agua que á la temperatura de cuatro grados centígrados* (*cerca de* 40° *F.*) *puede ser contenida en un cubo que tenga un decímetro de alto* (*cerca de* $4\frac{3}{10}$ *pulgadas*), *otro de ancho y otro de profundidad.*

23. *Volúmenes iguales de diferentes Materias bajo las mismas circunstancias, tienen diferentes Pesos. La densidad de cuerpos diferentes, es también Diferente.*

El hecho importante que acabamos de mencionar, debe ser más extensamente considerado. Hemos visto que un kilógramo ($2\frac{1}{6}$ lbrs.) de peso, representa el espacio que se necesita llenar de agua para obtener un kilógramo de peso ; y que este espacio, está representado por un *volumen* de agua igual á un decímetro cúbico (un cubo de cerca de $4\frac{3}{10}$ pulgadas de lado). Ahora si tomamos una pesa de un kilógramo y la metemos dentro del decímetro cúbico, veremos que en vez de llenar por completo la cavidad, no hace sino ocupar un pequeño espacio de ella, es decir, que el volumen de un kilógramo ($2\frac{1}{6}$ lbrs.) de plomo, bronce, ó hierro, es menor que el del mismo peso de agua, ó lo que es igual, dichos metales son más *densos* que el agua ; puesto que en el mismo volumen contienen más materia ó más grave-

dad. Ahora volvamos á hacer el mismo experimento, pero de otra manera ; tomamos uno de los vasos de cristal y le echamos agua hasta la mitad haciendo una señal ó marca al nivel del agua. Entonces lo ponemos en un platillo, lo contrapesamos con pesos en el otro y arrojamos el agua del vaso ; después se seca bien y con mucho cuidado se llena de arena hasta la marca donde llegaba el agua y se vuelve á colocar en el platillo de la balanza. Ahora tendremos que el volumen de arena será igual al del agua; pero no habrá contrapeso y nos veremos obligados á poner más peso sobre el platillo opuesto al que está la arena ; lo que nos prueba que volumen por volumen la arena es más pesada que el agua. Todavía más, retiremos la arena del vaso y pongamos aserrín, y se verá que mucho menos peso del que empleámos para contrapesar la arena contrapesará el mismo volumen de aserrín ; de donde tendremos que volumen por volumen, el aserrín es menos pesados que el agua. Si seguimos los experimentos veremos, que el aceite y el alcohol son menos pesados que el agua ; mientras que la miel pesa más y el mercurio muchísimo más.

24. *Significado de las palabras Pesado y Ligero ó Liviano. Peso Específico.*

Tenemos por costumbre hacer uso de las palabras *pesado* y *ligero* con mucho descuido é inexactitud. Á las cosas que podemos levantar con facilidad las llamamos ligeras, y aquellas que no podemos levantar las llamamos pesadas. Decimos con frecuencia que la arena es ligera porque se la lleva el viento,

y que un pedazo de madera es pesado, cuando justamente acabamos de ver que volumen por volumen, la arena es más pesada que la madera. Para dejar á un lado esta doble y errónea significación de esas palabras, el peso de un volumen de cualquier sólido ó líquido, se ha calculado en la proporción del mismo volumen de agua á una temperatura y presión conocidas; al resultado de esa proporción se llama *peso específico*. Si representamos el volumen de agua por 1, cualquier cosa cuyo volumen pese el doble que el mismo de agua, diremos que tiene un peso específico de 2; si tres veces mayor 3; si tiene cuatro y media veces 4.5 y así sucesivamente. Así el peso específico de cualquier sólido ó líquido, expresa su densidad en proporción á la que tiene el agua en las mismas condiciones; el aserrín, el aceite y el alcohol tienen menos peso específico que el agua, mientras que el mercurio lo tiene mucho mayor. En este sentido diremos, que las tres primeras sustancias son *ligeras* y la última *pesada*.

25. *Sustancias ó Cosas cuyo Peso Específico es mayor que el del Agua se sumergen en ella: Cosas de Menor Peso Específico que el Agua flotan ó quedan suspendidas á su superficie.*

Tomemos dos vasos con agua, echemos en el uno un poco de arena y en el otro aserrín; ¿qué sucederá? que la arena va á parar al fondo y el aserrín flota en la superficie, podremos agitar y mover el agua tanto como queramos; pero la arena siempre se sumergerá, mientras que el aserrín inevitablemente se sostendrá en la superficie ó sea á flote. Lo que

nos prueba que los cuerpos que son más ligeros ó tienen menos peso específico que el agua flotan; por el contrario aquellos que son más pesados que ésta (volumen por volumen) se hunden ó se sumergen en ella. Así pues, si vertimos con cuidado aceite ó alcohol coloreado en el agua veremos que flotan; mientras que la triaca, la miel, el mercurio, y las limaduras de hierro se sumergen en seguida.

Vemos que las limaduras de hierro se sumergen, porque el hierro es más pesado que el agua. Si tomamos una pieza de hoja de hierro estañada ó sea hoja de lata de la que se usa en la fabricación de cajas, tendremos que si la arrojamos al agua, como que volumen por volumen es más pesada que dicho líquido se sumergerá, como muchas veces hemos visto. Ahora bien, tomemos una canastilla ó una caja fabricada con la misma hoja de lata y si la echamos al agua, veremos que no se sumerge sino que flota como si fuera de corcho, poniéndonos al parecer perplejos y confusos sobre lo que acabamos de aprender y demostrar. Sabemos que el hierro pesa más que el agua, y sin embargo, tenemos aquí una caja ó una canastilla hechas de hierro que se sostienen á flote. ¿Será una excepción á la ley? De ninguna manera; porque dijimos que una cosa que volumen por volumen es más ligera que el agua, flota. Ahora pesemos la caja ó la canastilla y después de pesarlas, averiguemos cual es el peso del mismo volumen de agua, lo que llevaremos á cabo fácilmente, puesto que siendo muy delgadas las paredes de la caja, el contenido interior de ella, es casi tan grande como su verdadero volumen. En

consecuencia si llenamos la caja de agua y pesamos esta última, veremos con mucha proximidad cual es el peso del volumen de agua casi igual al de la caja, y nos convenceremos de que el agua contenida en ella, pesa mucho más que la caja misma. Como acabamos de demostrar á pesar de que la caja está construida con hierro, volumen por volumen tiene menos peso que el agua por cuya razón flota.

Todos hemos visto ú oído hablar de los buques de hierro y acero que ahora son tan comunes en los mares, lagos y ríos ; y algunos se habrán maravillado de que esos buques hechos de gruesas planchas de hierro ribeteadas ó unidas unas á otras con gruesos clavos y cuyo peso asciende á miles de toneladas, no se sumerjan ó se vayan á pique. La razón es porque todos esos buques, no son ni más ni menos que la canastilla ó la caja de que hemos hablado para su gran tamaño, y pesan menos que una cantidad de agua de su mismo volumen, ó lo que es lo mismo, pesan menos que el agua que desalojan. Las razones por las que la mar, los lagos, los ríos y los canales son grandes vías de comunicación y riqueza para la especie humana, son las propiedades del agua en sostener á flote lo que pesa menos que ella, y la facilidad con que sus partículas se mueven ó resbalan unas con otras. No existe cuerpo alguno que sea tan pesado, que no pueda hacerse flotar sobre agua si lo metemos en una caja de tamaño suficiente que haga el peso total de ella y del contenido, menor que el de su mismo volumen de agua. Una vez que hemos puesto un cuerpo á flote, como

las partículas del agua son tan movibles, la fuerza de los remos, la del viento ó la de las máquinas de vapor, la hacen resbalar fácilmente sobre ella y se puede conducir de un punto á otro sin dificultad alguna.

26. *Un Cuerpo que Flota sobre el Agua, siempre ocupa bajo el nivel de la superficie de ésta, un espacio igual, al Volumen de Agua que pesa tanto como dicho cuerpo; en otras palabras, un Cuerpo á Flote desplaza su mismo peso de Agua.*

Un decímetro cúbico de agua destilada pesa un kilogramo (cerca de $2\frac{1}{6}$ lbrs.); si suponemos que la caja de hoja de lata de que hablamos para los experimentos anteriores fuera cuadrada y que contenía 1,000 centímetros cúbicos (un cubo como de $4\frac{3}{10}$ pulgadas por lado); el peso al volumen de agua correspondiente á dicho volumen sería un kilógramo. Si la caja pesaba 333 gramos (cerca de $8\frac{2}{3}$ onzas), se sumergería un tercio de ella; si pesaba 500 gramos (1 lbr. y 1 onz.) se sumergería la mitad; si 666 (cerca de 1 lbr. $5\frac{1}{3}$ onz.) se sumergería dos tercios y así sucesivamente hasta que el peso de la caja fuera igual á un kilógramo. Podremos también averiguar el peso de la caja haciendo una marca á un costado para que señale la parte sumergida; se saca fuera y se vé el número de centímetros cúbicos que tenía bajo la superficie; suponiendo que fueran 150 diríamos que la caja pesaba 150 gramos (cerca de 4 onz.); por lo que decimos que la parte sumergida de un cuerpo que está á flote ocupa el lugar del agua que todo el cuerpo desplaza y

cuyo peso representa. Si en el fondo de una caja que está á flota se ejerce presión, entonces se sumerge más ; pero vuelve á la superficie en el momento en que la presión ha cesado ; de lo que se deduce que el agua ejerce presión contra el fondo de un cuerpo flotante, como también á sus costados, porque introduciendo totalmente en el agua una caja cuyos costados sean muy delgados, estos se romperán en sentido de fuera á dentro. Si tomamos una botella vacía cuyas paredes sean muy delgadas, la tapamos perfectamente con un corcho y la introducimos en agua hasta cierta profundidad, ó se introducirá el corcho llenándose de agua la botella ó ésta se hará pedazos.

27. *El Agua ejerce Presión en todas Direcciones.* Decimos que el agua ejerce presión en todas direcciones sobre las cosas ú objetos que están sumergidas en ella. Si tomamos un tubo de madera ó de metal, lo colocamos en sentido vertical y tapamos el extremo inferior con un corcho que no ajuste bien ; echando agua por el extremo superior del tubo, el agua ocupará el espacio que hay sobre el corcho ejerciendo *presión* sobre él. Si para evitar la salida del agua ponemos la palma de la mano ajustada á la boca del tubo, tendremos que hacer cierto esfuerzo para vencer la presión del agua. Á medida que ésta se va acumulando en el tubo, la presión hacia la parte de abajo, será de cada vez mayor hasta que la mano ó el corcho, tienen que ceder y el agua se derrama por el suelo. En este caso, la presión es igual al peso del agua y el cor-

cho hubiera sido lanzado fuera del tubo por la presión que hubiera ejercido sobre él un cilindro de plomo del mismo peso.

Supongamos que el tubo es cuadrado y que mide exactamente un decímetro por cada cara (como $4\frac{3}{10}$ pulgadas) en cuyo caso, cada decímetro de tubo tendrá un decímetro cúbico que según sabemos lleno de agua pesa un kilógramo (como $2\frac{1}{6}$ lbrs.), por lo tanto un tubo de un metro de alto (cerca de 1 vara 7 pulgadas) tendrá un peso de agua de 10 kilógramos (como $21\frac{4}{6}$ lbrs.); mientras uno de cuatro metros pesará 40 kilógramos (cerca $86\frac{4}{6}$ lbrs.). Ambos pesos representarán la medida de la presión de dos columnas de agua de las dimensiones indicadas sobre el decímetro cuadrado (como $4\frac{3}{10}$ pulgadas de lado) en el que se apoyan.

El peso específico del plomo es de 11.45 ó lo que es lo mismo casi once veces y media más denso que el agua. Como consecuencia de esto, si cortamos un trozo de plomo que tenga un decímetro de ancho, un decímetro de grueso (como $4\frac{3}{10}$ pulgadas), y de alto $\frac{1}{11}$ del largo de cada uno de los tubos ó sea $\frac{1}{11}$ del largo de la columna de agua, y lo introducimos en el tubo correspondiente en vez del agua, tendremos que el plomo ejercerá la misma presión que ésta sobre el fondo de dicho tubo.

Ahora tenemos que advertir cierta diferencia que existe entre la presión que ejerce el plomo y la del agua; la que consiste en la fluidez de la última; esto es, que el plomo no ejerce más presión que sobre el fondo del tubo, mientras que el agua la ejerce sobre todos los costados. Para probarlo ve-

remos que si hacemos un agujero al costado del tubo y lo tapamos con un corcho, el plomo no ejercerá presión alguna sobre él ; pero si en vez del plomo echamos agua y la columna de ésta es suficientemente alta, el corcho será lanzado con la misma fuerza como si estuviera puesto en el fondo, lo cual nos demuestra que el agua ejerce la misma presión sobre el fondo que sobre las paredes ó costados del tubo. Para satisfacerse uno mismo, puede hacerse fácilmente el experimento insertando el extremo inferior de un tubo de cristal doblado en ángulo recto á una abertura practicada al costado de uno de los tubos con los que estábamos experimentando. En el momento veremos que el agua sube en el tubo de cristal á igual altura que en el tubo grueso de madera ; lo que demuestra, que la presión que ejerce el agua en los costados de un receptáculo cualquiera, es igual á la presión vertical que ejerce en dicho punto ; puesto que la presión exterior se encuentra exactamente balanceada por la de la columna vertical en el tubo interior. El agua en una regadera se encuentra siempre al mismo nivel dentro de ella que en la reguera.

Si doblamos un tubo de cristal en forma de U y se echa agua dentro, el agua estará siempre al mismo nivel en los dos brazos del tubo, cualquiera que sea la forma de su curvatura, su capacidad relativa, ó su inclinación. Tiene necesariamente que suceder así, porque la fuerza con la que el agua tiende á salir del tubo por uno de sus brazos, depende de la altura vertical * de la columna de agua

* La altura vertical es la que se mide á lo largo de la perpen-

desde la superficie de ésta al punto de salida; de tal modo, que otra columna de la misma altura vertical tiene que balancear ó contrapesar su fuerza. Por lo que acabamos de decir, se saca como consecuencia precisa, que una columna de agua, estará al mismo nivel que otra con la cual tenga comunicación, lo que se llama, *nivel de los líquidos en tubos comunicantes.* Para averiguar esto con toda facilidad, no hay que hacer más que en una vasija de agua introducir un tubo de cristal abierto por ambos extremos dejando uno de ellos fuera del agua; cualquiera que sean la forma, dimensiones y posición del tubo, siempre que conserve un extremo dentro del agua, la altura de ésta será la misma dentro de la vasija que dentro del tubo. Es inútil llamar la atención á que el único sitio por donde el agua puede comunicarse entre ambos recipientes ó vasijas, es por el extremo sumergido del tubo, puesto que el agua no puede atravesar por las paredes.

En las ciudades bien cuidadas, todas las casas tienen cañerías de agua, y ésta puede obtenerse hasta en los pisos más altos sin más que abrir las llaves que cierran las cañerías. En muchas casas, estas cañerías se proveen del agua directamente por medio de un tubo conectado ó en comunicación con la *cañería principal* que pasa por la calle; pero en algunas la

dicular bajada desde un punto de la superficie del agua á la de la tierra. La plomada es un cordón ó cordel flexible que á uno de sus extremos tiene suspendido un pedazo de plomo ú otro metal pesado y sirve para tomar la altura vertical, poniendo el extremo opuesto al plomo, en un punto del plano de la superficie del agua y la distancia entre este punto y la abertura lateral será la medida que buscamos.

cañería principal está conectada con otras de menor diámetro que después de dar muchas vueltas y revueltas vierten el agua en depósitos convenientemente dispuestos á lo alto de las casas, de donde salen las cañerías menores para cada habitación. Si nos ponemos á seguir el curso de una de las cañerías principales veremos las muchas subidas y bajadas que hace antes que llegue á donde se encuentran los depósitos ó bien los aparatos de distribución de las aguas. Llegados allí, veremos que la cañería está en conexión con algún gran depósito, y también que dicho depósito está más alto que ninguno de los pequeños que existen sobre las casas, ó que hay un aparato ó bomba convenientemente dispuesto que eleva el agua á la altura necesaria, antes de entrar en la cañería principal. El depósito, las cañerías que salen de él y después las de las casas, forman un tubo inmenso en forma de U y el agua en las cañerías de las casas tiende á subir á la misma altura que la que está en el depósito principal ; y mientras la comunicación está abierta, el agua se vierte en los pequeños depósitos de las casas.

28. *Trasmisión del Movimiento por el Agua en Moción. Ímpetu del Movimiento.*

Supongamos que tenemos una cubeta, cuba ó depósito de madera á cuyo fondo, y horizontal á éste, se halla una espita de dos centímetros (como $\frac{4}{5}$ de pulgada) de área de sección,* y que llenamos de

* El área de sección de un tubo es la superficie ocupada por su cavidad cuando se corta en sentido perpendicular á su longi-

agua dicha cubeta hasta un metro de altura (más de una vara), sobre el nivel de la espita. Ahora bien, suponiendo que la espita está cerrada, la presión sobre su área seccional será de 400 gramos (más de 12 onzas), lo que sucede en cada una de las superficies de dos centímetros cuadrados del fondo de la cubeta. Si abrimos la espita, el agua más cerca de ella no teniendo obstáculo alguno, por la presión interior se pone en movimiento y corre al exterior. En un principio, el chorro sale lanzándose á gran distancia, es decir, que el peso de la columna de agua de un metro de alto, actúa como fuerza y es causa de la moción del agua que está próxima á la espita, la que sale con una fuerza dependiente de dicha columna y en dirección casi horizontal. Poniendo una bolita de madera suspendida por un hilo en contacto con el chorro de agua, enseguida que ésta toque á la bola, se la llevará hacia adelante en su misma dirección. La bola se mueve por la propiedad que tiene el agua en movimiento, de trasmitir ó comunicar la moción á un cuerpo, que estando en libertad de moverse se halla quieto ó en estado de reposo; esta propiedad es debida al *ímpetu*. Cuanto mayor sea la cantidad de agua y la velocidad con que se mueva, mayor será el movimiento que trasmita á la bola, ó bien moverá una bola más pesada. Junto á la boca de la espita, cánula ó cañuto, la dirección del chorro es horizontal; pero de momento comienza á encorvarse hacia abajo y describiendo

tud, y se puede representar por la superficie plana de un trozo de madera que cupiera exactamente dentro del tubo.

una curva muy rápida, cae al suelo. Esta curva que describe el agua obedece á las mismas razones que la piedra que arrojada en sentido horizontal, va describiendo otra, hasta que llega á tocar el suelo; por eso, podemos considerar al chorro de agua como una gran cantidad de gotas lanzadas horizontalmente y sin intermisión alguna.

Las razones para que así suceda son dos : la primera, que tan pronto como el agua ha salido por la espita es un cuerpo pesado y sin apoyo, y como tal comienza á caer hacia el suelo ; la segunda es, que el ímpetu ó violencia del agua, disminuye continuamente por la resistencia que le presenta el aire á través del cual tiene que pasar. Á pesar de que el aire que nos rodea es un cuerpo tan ligero y movible, del que ordinariamente no hacemos caso ; sin embargo, puede observarse fácilmente, que ofrece resistencia á los cuerpos que se mueven á través suyo, como se ve al usar un abanico. El agua en su caída tiene que vencer esta resistencia, y su ímpetu se disminuye proporcionalmente.

Si cuando el agua sale por la espita se pudiera hacer desaparecer el aire al mismo tiempo que la ley de gravedad de los cuerpos, el agua conservaría su ímpetu y marcharía hasta el infinito con la misma dirección y fuerza. Á la salida de un chorro de agua podemos observar, que según se separa del punto de salida, la velocidad disminuye. Á medida que va disminuyendo la cantidad de agua del depósito ó cubeta, la velocidad del chorro se hace menor, la curva que describe es más corta, y el agua cae más pronto al suelo ; finalmente cuando la cu-

beta está casi vacía, el chorro cae casi en sentido vertical. Esto sucede así, porque como el nivel del agua en la cubeta va bajando, la columna que ejercía presión sobre el área de sección de la espita, disminuye gradualmente en altura y peso, y por lo tanto la presión poco á poco desaparece por completo ; pero como el peso ó presión es la causa de la moción del agua, según disminuye la causa, tienen que disminuir los efectos. Por eso el ímpetu del agua disminuye gradualmente, como también la distancia horizontal á que era lanzada ; hasta el momento en que no lleva moción horizontal aparente, y cae en sentido vertical desde el momento en que sale por la espita.

29. *Energía ó Fuerza Desarrollada por el Agua en Movimiento.*

Si en el punto donde estaba la espita en la cubeta, introducimos un tubo corto doblado á ángulo recto en forma de L, de modo que el brazo horizontal penetre dentro del depósito y el otro quede vertical ; pero con la salida hacia arriba, llenando de agua la cubeta y abriendo la espita, el agua será lanzada al aire en sentido vertical ; cuando haya llegado á cierta distancia, se detendrá y finalmente caerá, después de haber formado lo que llamamos un surtidor.

Ahora observemos la diferencia entre el chorro vertical y el horizontal. Si hacemos caso omiso de la resistencia del aire, el agua que sale por el chorro horizontal, no tiene otro obstáculo que vencer que el de su propio peso, que gradualmente tiende á

encorvarle en su camino hasta que al fin toca con el suelo ; y como dijimos, sin este obstáculo, podría estar marchando siempre en la misma dirección.

Cuando el chorro es vertical, el caso es muy diferente : el agua arrojada hacia arriba en sentido vertical, tiene una tendencia constante á caer hacia abajo en el mismo sentido, como lo hacen todos los cuerpos, y su ímpetu tiene que vencer y sobreponerse constantemente al obstáculo de su gravedad. En todas las partículas del agua actúan dos fuerzas con tendencias opuestas ; el ímpetu impulsándolas á elevarse y la gravedad á echarlas hacia abajo. Ahora bien, si sobre un cuerpo actúan dos fuerzas opuestas é iguales, el cuerpo no se mueve ; pero si la una es más fuerte que la otra, el cuerpo se moverá en la dirección de la más fuerte.

Así tenemos que una porción del agua que acaba de salir por el extremo del tubo, se eleva porque la velocidad con que es impelida hacia arriba, es lo suficiente para que en el espacio de un segundo, recorra en dicha dirección una distancia mayor que la que le haría recorrer hacia abajo la fuerza de gravedad. Sin embargo, la distancia que el agua debe recorrer en ese segundo de tiempo, será la diferencia entre la distancia que hubiera ascendido sin haber tenido que vencer la fuerza de gravedad que tendía á hacerle descender, y la distancia que hubiera descendido si no hubiese sido impelida por el ímpetu que le hacía elevarse ; y también, al fin del segundo la velocidad de su movimiento ascensional, será proporcionalmente menor. Ahora bien, al fin del primer segundo, el agua habrá perdido

cierta cantidad de su ímpetu para sobreponerse á su gravedad ; y como no hay manera de que repare las fuerzas perdidas, si se la deja á sí misma marchará más despacio ; ó mejor dicho, recorrerá menos distancia en el segundo inmediato que en el primero. Es también necesario tener en cuenta, que á pesar de que el ímpetu del agua va disminuyendo, su fuerza de gravedad ó tendencia para caer hacia abajo, es siempre igual, constante y opera con la misma fuerza en todos los espacios de tiempo. De ahí que la distancia recorrida en el segundo espacio de tiempo, será menor que la recorrida en el primero y su velocidad disminuye constantemente. Es innecesario hacer notar, que cualquiera que sea la desproporción que exista entre el ímpetu y la gravedad en el momento en que el agua es arrojada por un surtidor, la gravedad por su acción constante, tendrá que sobreponerse al ímpetu ; éste se irá agotando y después de un momento en que el agua estará en reposo, reducida á la condición de todo cuerpo sin apoyo, comenzará á descender por la acción de la gravedad, la que obrará libre y sin oposición alguna.

Tendremos un ejemplo parecido si nos figuramos un bote que va bogado por un muchacho y llega á un sitio, donde un hombre cogiéndolo por la proa, lo empuja para atrás con gran fuerza. Veremos que en un principio, el bote con la popa para adelante retrocede con gran velocidad ; pero á cada golpe de remo del muchacho irá retardando su marcha de retroceso hasta que por fin la cantidad de fuerza impelida por el hombre, se habrá gastado

ó consumido, trabajando en contra de la fuerza del muchacho ; y el bote después de un momento de reposo, recomenzará de nuevo su marcha hacia adelante en la dirección que antes llevaba. La distancia á que el bote sería arrojado hacia atrás, dependería en la fuerza muscular que el hombre le impeliera súbitamente, la que el bote va perdiendo poco á poco. Á los hombres que poseen gran fuerza muscular ú otros poderes, les llamamos *enérgicos ;* y calculamos su energía por los obstáculos que vencen, y también por el *trabajo* que hacen ó llevan á cabo. En el ejemplo que acabamos de poner, la energía del hombre podría ser medida, por la distancia que retrocedió el bote antes de que se llegase á parar ó á estar en estado de reposo.

Es muy fácil imaginarnos que los cuerpos inanimados, que como causa hacen alguna fuerza ó trabajo, tienen en sí cierta energía ; así cuando un cuerpo en movimiento vence cualquier obstáculo que encuentra en su camino, gastando ó empleando en ello parte de su movimiento, y que más ó menos retarda su marcha, decimos que tiene *energía*, porque lleva á cabo un *trabajo.*

La energía ó fuerza del agua en movimiento, se mide por la resistencia de las fuerzas que se le oponen y que tiene que vencer, multiplicadas por la distancia que puede recorrer antes que su fuerza se haya extinguido ; ó sea, por el trabajo que lleva á cabo antes de detenerse ó volver á la condición de todo cuerpo en reposo. En el caso de que tratamos, la energía ó fuerza por la cual se destruye por más ó menos tiempo la acción de la gravedad, depende

primeramente ; de la velocidad con que el chorro sale de la cubeta, y ésta depende de la altura del agua sobre el sitio donde está la espita. Á medida que la fuerza del chorro horizontal disminuye según baja el nivel del agua, también disminuye la fuerza de la corriente ó caída vertical. Por eso al ir vaciándose la cubeta, el chorro comienza á ser más y más corto, hasta que al fin desaparece por completo.

La fuerza del agua en movimiento, en algunas circunstancias, le hace ser uno de los agentes más destructores que existen en la naturaléza ; y en otras es uno de los que más utilidad y comodidades proporcionan al hombre. La corriente de agua del arroyo ó riachuelo que se desliza al costado de la montaña con una velocidad proporcional á la inclinación de su lecho ; según desciende, va adquiriendo ímpetu y por lo tanto fuerza ; pero si en un momento dado, las lluvias ó el deshielo aumentan su caudal, al desbordarse arrastra enormes pedazos de roca y se lleva todo lo que encuentra á su paso. Nada hay en el mundo que pueda aparecer ante nuestra vista, más tranquilo y menos peligroso que el mar cuando está en calma ; pero si el huracán comienza á correr á su superficie y la pone en movimiento, choca con terrible ímpetu sobre las costas, y pierde toda su fuerza, elevando enormes olas que levantan grandes pesos de despojos marinos, depositándolos en las playas.

En todos los molinos movidos por agua, la caída más ó menos rápida de ésta, es lo que causa la mayor ó menor potencia de la maquinaria. Para obtener ese movimiento, se hace que el agua en su caída

pase sobre paletas ó cajones montados en la circunferencia de una gran rueda ; y como cada uno de estos cajones ó paletas, es un obstáculo presentado en contra de la marcha natural del agua, ésta trasmite á cada uno su moción y por consecuencia la rueda da vueltas. Según la rueda da vueltas, va poniendo más y más obstáculos á la caída de la corriente y los cajones ó palas se suceden constantemente recibiendo cada uno, un ímpetu proporcionado al obstáculo que presenta ; y como cada uno trasmite el movimiento á la rueda, ésta comienza á dar vueltas con una velocidad proporcional á la cantidad y velocidad del agua que la impele.

Ahora bien, la rueda hidráulica, es una cantidad de materia en movimiento ; y por consiguiente contiene en sí misma cierta cantidad de fuerza que puede utilizarse en algún trabajo. Si atamos á su eje una cuerda á cuyo extremo haya colgado un peso, la cuerda empezará á arrollarse al eje y el peso se elevará ; ó en otras palabras será un trabajo llevado á cabo por la fuerza de la rueda que da vueltas ; de este modo podremos medir, aunque no con exactitud, la fuerza, que le ha sido trasmitida por el agua en su movimiento de caída. El aparato de un molino, no es, sino una serie de ruedas y otras piezas de máquinaria, convenientemente dispuestas á trasmitir la fuerza que la corriente de agua, comunica á la rueda hidráulica ó turbina, hasta el lugar á donde puede utilizarse para hacer algún trabajo. En los molinos de harina, una serie de ruedas trasmiten la fuerza del agua á unas piedras cilíndricas y de mucho peso,

llamadas muelas, entre las que se muele ó tritura el trigo y otros granos de los que se sacan las harinas.

30. *Las Propiedades del Agua son Constantes.*

Si tomamos una cantidad de agua de lluvia y con ella hacemos experimentos, nos convenceremos de que posee las cualidades que acabamos de describir. Veremos que es casi incompresible, que un decímetro cúbico de ella (ó sea un cubo de cerca de $4\frac{3}{10}$ pulgadas) pesa próximamente un kilógramo ($2\frac{1}{6}$ libras); sucediendo lo mismo con el agua que cae en América que con la que llueve en Europa, bien que sea recogida hoy, ó que se haya tenido embotellada por varios siglos ; y tenemos razones para creer que las mismas propiedades que tiene ahora, las poseía ya hace más de cien mil años. En lo que concierne á las aguas de lluvia, *el orden de la naturaleza es constante.* Sin embargo, con esto no queremos decir que las propiedades del agua son siempre las mismas, porque varían muchísimo de acuerdo con las condiciones en que se halla ó á que se la expone ; pero en *iguales condiciones* sus propiedades son siempre las mismas ; y podemos decir con seguridad, que con respecto á lo que concierne al agua, el orden de la naturaleza es constante.

31. *Si elevamos la Temperatura del Agua, en los primeros momentos, el Calor hace que ésta Aumente de Volumen.*

Hemos dicho antes, que un kilógramo (como $2\frac{1}{6}$ lbrs.) de agua ó cualquier otra cantidad dada, en

iguales condiciones tiene siempre el mismo volumen, y la más importante de dichas condiciones, es el calor ó el frío á que está expuesta. El agua que ha estado por algún tiempo en una habitación caliente, si se la lleva á un lugar frío, pierde parte de su volumen, ó lo que es lo mismo, se *contrae;* por el contrario, si se la calienta más aumenta en volumen, es decir, se *dilata.* Lo que acabamos de decir, se observá también con el mercurio, el alcohol y en general en todos los líquidos.

El *termómetro*, aparato que se usa para medir la temperatura, consiste en una especie de redoma; el depósito de forma esférica, sirve para poner el mercurio ó alcohol que ha de usarse, y el cuello está formado por un tubo largo de muy pequeño calibre ó hueco interior y graduado en toda su longitud. Si calentamos el líquido contenido en el depósito, aumentará de volumen y parte de él penetrará en el tubo graduado; por otro lado si enfriamos el líquido del depósito al disminuir de volumen, la porción que había penetrado en el tubo por efecto de la dilatación, vuelve de nuevo al depósito, y baja el nivel de la columna líquida.

Supongamos que queremos graduar un termómetro; para hacerlo, pondremos el depósito dentro de una vasija que contenga agua hirviendo ó en ebullición y marcaremos el tubo con una línea en el punto á donde llegue la columna interior; después introducimos el depósito en hielo que se esté derritiendo ó sea en estado de fusión; la columna líquida desciende y se vuelve á marcar el tubo en el sitio á donde llegue. Teniendo los puntos extre-

mos, es decir el del agua hirviendo y el del hielo, podemos dividir la distancia que los separa de dos maneras, ó sea de acuerdo con los sistemas más usados. En el centígrado el punto del hielo se marca o y el del agua hirviendo 100, bajo la línea de cero la numeración comienza tambien por uno. En el sistema llamado Fahrenheit, la temperatura del agua hirviendo se cuenta por 212 grados, y dividiendo la distancia que marcamos en el tubo en 180 partes ó grados, tendremos que la línea de hielo lleva el 32, porque $212 - 32 = 180$. En ambos sistemas ó en cualquiera otro que se imagine, el líquido del tubo expuesto á una misma cantidad de calor, siempre se halla á igual altura ; por cuya razón el termómetro es el instrumento que mide la temperatura.

El agua caliente pesa menos que la fría, y esto puede demostrarse fácilmente, llenando una vasija en la que al mismo tiempo entra el agua por dos tubos, la del uno muy caliente y la del otro fría. Si no revolvemos bien el agua resulta que la parte superior, se encontrará excesivamente caliente, mientras que la del fondo, estará relativamente fría. Así pues, si un decímetro cúbico (un cubo como de $4\frac{3}{10}$ pulgadas de lado) de agua, á la temperatura de 4° centígrados pesa un kilo. ($2\frac{1}{6}$ libras) ; si la calentamos como su volumen aumenta su peso específico disminuye.

Fundados en lo que ya dijimos, que *bajo las mismas condiciones* el peso del mismo volumen de agua es siempre constante, debemos tener en cuenta que cuando hablamos del peso de un cubo de

agua de 1 centímetro (como $\frac{2}{5}$ de pulgada) y decimos que es de cerca de 1 gramo, lo hacemos así porque lo suponemos á la temperatura de 4° cent. que es cuando únicamente tiene ese peso, y la contracción ó dilatación del agua por cada grado alrededor de los que acabamos de indicar, no sube sino á menos de $\frac{1}{3000}$ de su volumen. Para todos los casos prácticos el peso de un cubo de agua de 1 centímetro ($\frac{2}{5}$ de pulgada) puede ser considerado como de 1 gramo.

32. *Aumentando mucho el calor del agua, ésta se convierte en vapor.*

Calentando el agua un poco alteramos sus propiedades; pero si seguimos calentándola más y más, el cambio que tenga lugar será mucho mayor. Todos sabemos lo que sucede cuando ponemos una marmita ó cacerola con agua sobre el fuego; poco á poco se calienta y al fin empieza á hervir, porque ha llegado á la temperatura de 100° Cent.; finalmente se va convirtiendo en vapor, que se mezcla con el aire y desaparece. Continuando el hervor por mucho rato, toda el agua va dejando en seco la vasija, y á primera vista nos parece que ha sido destruida por el calor; pero no es así, puesto que no se pierde ni un solo átomo, y lo único que sucede es que cambia de estado; lo que ha hecho el calor, ha sido convertir el agua del estado líquido al de *vapor* ó *gaseoso*.

Hagamos el mismo experimento con una cafetera en vez de hacerlo con una marmita, usando sólo un poco de agua, y con la tapa perfectamente

cerrada. Cuando el agua empieza á hervir, el vapor sale por el pico de la cafetera como si fuera arrojado de ella, y no cesa mientras queda agua dentro. El vapor está tan caliente á la salida, que nos escaldaría los dedos si los pusiéramos allí; pero para convencernos de la elevada temperatura que tiene, no hay necesidad de quemarnos, sino de poner una varilla de cera, que se ablandará como si la exponemos al fuego. Además, si observamos el vapor á la salida del pico veremos que es transparente, que á corta distancia se convierte en una nube blanca y opaca y después desaparece rápidamente en el aire.

33. *La pérdida de Calor, hace que el Vapor se convierta en Agua.*

Si á cierta distancia del pico de la cafetera ponemos un plato, una cuchara ú otro objeto frío que intercepte el paso del vapor que sale por él; veremos que después de un momento se hallan húmedos y cubiertos por pequeñas gotas de agua caliente, habiéndose calentado ellos también. Si en vez del plato ó la cuchara, ponemos un tubo largo de hierro unido ó en conexión con el pico de la cafetera, entonces no saldrá vapor por el extremo del tubo, sino que se calienta y el agua corre á lo largo de él. De todo esto deducimos que el calor del fuego pasa á la marmita ó la cafetera, éstas lo trasmiten al agua que contienen, el agua se convierte en vapor, y éste, al ponerse en contacto con el plato, la cuchara ó el tubo, les trasmite á su vez el calor que le hace falta para conservarse en es-

tado *gaseoso* y pasar de nuevo al de *líquido.* Por eso decimos, que el vapor y el agua, no son sino dos estados diferentes de la misma cosa, *agua,* y si son efectos de la cantidad de calor absorbida por ella.

34. *Cuando el Agua se ha convertido en Vapor, su Volumen se hace próximamente 1,700 veces mayor que el que tiene en estado Líquido.*

Si al comenzar nuestro experimento anterior hubiéramos pesado y medido el volumen del agua después de convertida en vapor, observaríamos que tenía el mismo peso que antes; pero el volumen del vapor sin embargo sería próximamente 1,700 veces mayor que el del agua. Tomando una pequeña vasija que contenga un cubo de 1 centímetro, la llenamos de agua, y la calentamos hasta convertirla en vapor, éste llenará próximamente un cubo de 12 centímetros de lado ó 1,728 veces mayor que la cantidad del agua que hemos puesto á hervir. Antes dijimos que 1 centímetro cúbico de agua pesaba próximamente 1 gramo (como 20 granos), y el vapor que nos ha producido dicha cantidad de agua pesa lo mismo; luego según esto podemos decir con propiedad que el vapor es el agua misma; pero dilatada hasta que su peso específico ha llegado á ser 1,700 veces menor. Por otro lado, 1,700 centímetros cúbicos de vapor (el contenido de un cubo de 12 centímetros de lado ó sea cerca de 5 pulgadas) si se condensan, su volumen queda reducido á $\frac{1}{1700}$, ó sea un centímetro cúbico; pero el peso será el mismo. Así

diremos que el vapor se *condensa* en una cantidad de agua igual á $\frac{1}{1700}$ de su volumen.

El agua al convertirse en vapor se dilata con una fuerza considerable. Para probarlo, podemos hacer uso de una cafetera con la tapa bien ajustada, y además pondremos un tapón en el pico ; el vapor al tratar de dilatarse, levantará la tapa ó volará el tapón ; y en caso de no poder hacerlo por estar ambos muy seguros, no tardará en hacer pedazos la cafetera, de la misma manera que sucede cuando hacen explosión las calderas de vapor.

35. *Gases ó Fluidos Elásticos. Aire.*

Tomemos una botella de cristal ó vidrio que tenga el cuello largo y la boca ancha. Si la llenamos de agua hasta que llegue á la boca, diremos que está llena ; pero si arrojamos el agua, entonces la creeremos vacía. ¿ Estará vacía ó no ? Si volvemos la botella boca abajo y tratamos de introducir el cuello en una vasija llena de agua, veremos que ésta no penetrará en el cuello, lo que no sucedería si estuviera vacía, en cuyo caso entraría hasta ponerse á nivel con el agua de la vasija. Si en vez de la botella tomamos un tubo de cristal, abierto en sus dos extremidades é introducimos una de ellas en la vasija llena de agua, ésta se elevará al mismo nivel dentro y fuera del tubo ; pero si se pone el dedo en el extremo superior, de manera que quede convertido en un recipiente cerrado, repitiendo el experimento veremos que el agua no penetrará más que á muy corta distancia. Con la botella y con el tubo, ambos vacíos, vemos que el

agua no se pone á nivel, sino que sólamente penetra hasta una distancia muy corta, luego á no dudar hay alguna cosa material en ambas vasijas, puesto que no permite la entrada del agua, y además ocupa espacio y ofrece resistencia. En efecto, las dos vasijas están llenas de esa materia denominada *aire*, y de la cual existe una espesa capa alrededor de la tierra, llamada *atmósfera*. Como más tarde probaremos, el aire tiene peso; y además cuando se pone en movimiento, puede trasmitir su moción á otros cuerpos, según nos lo prueban los vientos, que no son otra cosa sino masas de aire en movimiento.

Acabamos de ver, que el aire presenta en sí todos los caracteres de los cuerpos materiales; y es fluido porque se adapta perfectamente á la forma de la vasija que lo contiene. Las partículas del aire se mueven con extremada facilidad, puesto que de no ser así, tendríamos que sentir la resistencia cada vez que hacemos un movimiento. Los vientos nos prueban que corren de un lugar á otro, y nosotros lo vemos siempre que soplamos con un fuelle, por la corriente que se forma á la salida del tubo; finalmente, cualquier cuerpo rodeado de aire, está comprimido por todos los lados.

Á pesar de que el aire es fluido, no es líquido y tiene la propiedad de ser muy compresible. Hemos visto que el agua penetró por cierta distancia, tanto en el cuello de la botella como en el tubo, al hacer el experimento anterior; y la razón es, la de que el agua comprime el aire y lo reduce á menor volumen. En un saco construido á propósito para

contener aire, éste puede ser comprimido hasta que en el interior ocupe mucho menor volumen; y si con una jeringa llena de aire, hacemos el mismo experimento que con otra llena de agua, observaremos que si el pistón está bien ajustado, podremos hacerle bajar cierta distancia en el tubo ó cilindro, y si después retiramos la presión, el pistón vuelve al lugar que ocupaba. En efecto el aire no sólo es compresible, sino que es un fluido *elástico* ó *gas*. El calor dilata al aire como lo hace con el agua, únicamente que la expansión ó dilatación del aire, es mucho mayor, con el mismo grado de temperatura.

36. *El Vapor es un Fluido Elástico ó Gas.*

En las propiedades que acabamos de enumerar sobre el aire, el agua es lo mismo que él, cuando se halla convertida en fluido elástico ó gas. Si en la botella que antes mencionamos y dijimos que estaba "vacía" echamos un poco de agua, el resto de la botella estará ocupado por el aire. Si calentamos la botella hasta que el agua hierva ésta forma burbujas en la superficie las que al romperse dejan escapar vapor. El aire que estaba sobre el agua de la botella, será expulsado de ella gradualmente, y si continuamos calentando, veremos que la parte que decimos estaba "vacía" se habrá llenado de agua en estado gaseoso, que como el aire es incoloro y trasparente. Cuando el vapor sale por la boca de la botella, sigue siendo un gas claro é incoloro; pero al enfriarse, se condensa y forma como una nube blanquecina de pequeñas partículas de agua.

Como el vapor es más ligero que el aire, se eleva cuando los dos cuerpos están juntos, y se observa lo mismo en los cuerpos que siendo menos pesados que el agua, flotan sobre ésta.

37. *Gases y Vapores.*

El aire es gas, lo mismo durante el invierno más frío que en el verano más caluroso; pero poniéndolo á una temperatura muy baja, puede vérsele en estado líquido, siempre que al mismo tiempo se le exponga á una presión excesivamente grande. Por eso decimos, que la diferencia entre gases que como el aire se condensan á una temperatura muy baja y gases que como el vapor se condensan fácilmente, es una simple cuestión de más ó menos calor ó grado de temperatura. Sin embargo es conveniente hacer una distinción, llamando *vapores* á los gases que como el vapor de agua se condensan con facilidad. En lo que generalmente designamos con el nombre de vapor, el agua permanece en el mismo estado con sólo sostener la temperatura un poco más alta de 100° Cent. ó sea 212° Fahr. ; y si lo enfriamos un poco, para que baje de este punto, la mayor parte se condensa en agua caliente. Sin embargo no debemos olvidar, que á pesar de que la forma de vapor de agua de que hablamos está á una temperatura más alta que el agua en ebullición, también hay otra forma de agua en estado gaseoso que puede hallarse á una temperatura hasta más baja la de congelación. Suponiendo que cuando la botella contenía únicamente agua y vapor, le hubiésemos tapado la boca y retirado el fuego ; enton-

ces mientras la temperatura total hubiera sido la del agua hirviendo, próximamente cada 15 centímetros cúbicos de vapor pesaría cerca de un centígramo. Teniendo una botella cuya capacidad ocupada por la parte gaseosa ó el vapor, fuera de unos 1,500 centímetros cúbicos, todo el vapor contenido en ella, tendría próximamente 1 gramo de peso. Si comenzamos á enfriar la botella hasta que al parecer todo el vapor se haya condensado, tendremos que aun á la temperatura de congelación (32° F.), parte del vapor se conservará en estado gaseoso y por consiguiente llenará el espacio que ocupaba todo el vapor que se condensó. El vapor de agua á la temperatura de 36° Cent. (97° F.) aunque sigue ocupando los 1,500 centímetros cúbicos de espacio, sólo pesa cerca de 5 centígramos (1 grano), á la temperatura ordinaria del aire pesa 2 centígramos, y á la de hielo, menos de 1 centígramo.

Según esto vemos, que á medida que baja la temperatura es menor y menor el peso del agua en estado gaseoso, por más que ocupe el mismo volumen ; y de esto se deduce que la densidad ó peso específico del vapor de agua, es tanto menor cuanto más baja es la temperatura á que se halla. Además mientras el vapor á la temperatura del agua hirviendo, resiste exactamente igual compresión que el aire, cuanto más se hace bajar su temperatura, se puede comprimir con mayor facilidad.

Supongamos que á la boca de una vasija que contiene agua hirviendo, atamos un saco elástico ; si

tenemos el saco á la temperatura del agua hirviendo, á pesar de la resistencia del aire sobre todos sus lados, se inflará y conservará la forma que tome. Si retiráramos el saco, mientras esté á la temperatura del agua hirviendo permanecerá inflado; pero si lo dejamos enfriar, se irá gradualmente aplastando por la acción del aire exterior que le comprime cada vez más, á medida que el agua en estado gaseoso va enfriándose y presentando menos resistencia. Por esa razón, cuando una botella con vapor se le deja enfriar y después se quita el tapón, el aire entra con gran violencia á ocupar el interior de la botella.

38. *Evaporación del Agua á las Temperaturas Ordinarias.*

Si echamos un poco de agua en un plato y la dejamos por algún tiempo al aire libre, ó en un cuarto frío, sabemos que pronto ó tarde desaparece. Si colgamos ropas mojadas en una cuerda se secan muy pronto, es decir, que el agua que contienen desaparece ó se *evapora.* La evaporación del agua bajo estas circunstancias depende en las propiedades que antes dijimos. En efecto el agua pasa al estado gaseoso, á la densidad apropiada á la temperatura y se mezcla con el aire como lo haría cualquier otro gas. Ahora, si consideramos que los mares, los lagos, los ríos, etc., están constantemente evaporando agua que se mezcla con el aire, no es extraño que la atmósfera contenga tanta en estado gaseoso.

Se dice que el aire está húmedo, cuando el peso

de agua en una cantidad de aire cualquiera, un decímetro cúbico (próximamente 62 pulgadas) por ejemplo, es tanta ó casi tanta, como puede existir en estado gaseoso á la temperatura en que se halla. Bajo las circunstancias ordinarias, si la temperatura baja un poco, parte del agua que se halla en estado gaseoso se liquida, lo que vemos en tiempo húmedo y caluroso cuando observamos que un vaso lleno de agua fresca se pone enseguida empañado y cubierto por una especie de rocío. Esto sucede porque el agua que en estado gaseoso se encuentra alrededor del vaso, se enfría más de lo que puede resistir para conservarse de aquel modo, y una cantidad de ella, se deposita sobre el vaso de agua fría, en forma de rocío. En días en que el aire está tan húmedo, las ropas mojadas no se secan pronto, porque la atmósfera contiene casi tanta agua en estado gaseoso, como es posible que tenga de acuerdo con la temperatura que marcan los termómetros.

39. *Cuando el Agua Caliente se Enfría, empieza por Contraerse; pero después de algún Tiempo se Dilata.*

Hemos visto los cambios extraños que se hacen en el agua por medio del calor. Al empezar á calentarse se dilata poco y gradualmente ; pero cuando llega á hervir, es decir que pasa de 100° centígrados lo hace de una manera muy rápida y dejando de ser líquido se convierte en gas. Por otra parte, si empezamos á enfriar una cantidad de agua, se contrae gradualmente hasta que llega á la temperatura ordinaria del aire en tiempo templado;

pero cuando el tiempo es muy frío, ó si se enfría artificialmente, resulta que continúa contrayéndose hasta que llega á 4° centígrado, á cuya temperatura empieza de nuevo á dilatarse. En esta propiedad, el agua es diferente á todas las otras sustancias que son líquidas á la temperatura ordinaria. El agua pura á 4° centígrado es cuando tiene mayor densidad ó mayor peso específico, y cuando se halla á esta temperatura, volumen por volumen, pesa más que la misma agua á cualquier otra. Así, si el agua que se halla á la parte alta de un vaso se enfría hasta 4° centígrado, como se ha hecho más densa caerá al fondo ; si se sigue bajando la temperatura más abajo de dicho grado al agua que ocupa el fondo, ésta sube á ponerse á la superficie.

40. *Si se sigue bajando más y más la Temperatura, el Agua se convierte en un Cuerpo Sólido, Trasparente y Quebradizo llamado Hielo.*

Si ponemos una jarra de agua en la ventana de nuestro cuarto durante una noche de invierno muy fría, el agua se enfriará hasta que llegue toda ella á tener una temperatura de 4° centígrado. Si la parte que antes llegue á esa temperatura se sigue enfriando, se acumulará á la superficie, porque disminuye de densidad, y si la temperatura cae más abajo de 0° centígrado, á la superficie del agua de la jarra, se forma una especie de cristal, porque una parte del agua más fría se convierte en hielo, ó sea agua sólida ; y si toda el agua se pone á esa temperatura, gradualmente cambiará en la misma clase de sustancia.

El agua en este estado es sólida, ocupa espacio, opone resistencia, y trasmite la moción que se le imprime, lo mismo que cuando se halla en estado líquido ; pero si se saca del sitio donde está y se pone en un lugar muy frío, guardará por mucho tiempo su forma original sin haber tenido ningún cambio. Si se quiere comprimir el hielo, hallaremos una sustancia excesivamente dura é incompresible ; además si lo exponemos á una gran compresión, se quiebra en pedazos como si fuera cristal. El hielo puede ser reducido á polvo y se puede reunir en montones como si fuera arena. Finalmente, como cualquier cantidad de vapor pesa exactamente igual que el agua que lo ha producido por medio del calor ; de la misma manera el hielo pesa exactamente lo mismo que la cantidad de agua que se ha empleado en formarle, y que no ha perdido sino calor.

41. *El Hielo tiene menos Peso Específico que el Agua de la cual se ha formado.*

Á pesar de que el hielo tiene el mismo peso que la cantidad de agua de la cual se ha formado ; sin embargo no tiene el mismo volumen. La expansión ó dilatación que empieza á los 4° centígrado, continua hasta que el agua llega al estado sólido, y entonces, el volumen es cerca de $\frac{1}{11}$ mayor que cuando estaba á los 4° centígrado. Si á la temperatura de 4°, tomamos el peso del agua como unidad de medida, veremos que la misma cantidad de agua en estado sólido, tiene por peso específico, nada más que 0.916 de dicha unidad, es decir poco más de $\frac{9}{10}$.

Aunque el agua al convertirse en hielo se dilata simplemente una fracción pequeña ; sin embargo, á juzgar por la inmensa fuerza que desarrolla se parece mucho á la del vapor. Para hacer un experimento, basta llenar de agua un tubo de hierro, y una vez bien lleno se tapa con un tornillo fuerte y muy ajustado ; si en este estado lo ponemos de modo que el agua se hiele, veremos que al helarse se abren los costados del tubo. Todos sabemos que en los inviernos de mucho frío, las cañerías que traen el agua á las casas, se hielan y se rompen ; porque el agua encerrada en ellas al helarse, no encontrando espacio suficiente para su dilatación, quiebra los tubos ó cañerías, de la misma manera que nosotros hacemos saltar los botones ó las costuras de nuestros vestidos cuando nos están apretados, en el momento de hacer una fuerte contracción. En los picos de las rocas desnudas que son batidas por los vientos, aunque sean del granito más fuerte, durante el invierno se quiebran y caen desprendidas como si los pedreros hubieran trabajado en ellas. Esto sucede, porque en el verano, el agua de lluvia penetra en los intersticios ó quebraduras de las rocas donde permanece hasta el invierno cuando empieza á helar, y al convertirse en hielo hace que las rocas se quiebren con la misma facilidad que las cañerías.

42. *La Escarcha no es otra cosa sino el Agua que existe en la Atmósfera en estado Gaseoso, y que al condensarse, se convierte en Cristales de Hielo.*

Durante el invierno, después de una noche clara

y fría, se observa con frecuencia que los campos, los techos de las casas y las ramas de los árboles, se hallan cubiertos por una especie de polvo ó de escamas que llamamos escarcha ; y al levantarnos por la mañana, vemos que en el cristal de la ventana de nuestro cuarto se han formado figuras preciosas que parecen plantas delicadas. Si tomamos entre los dedos un poco de escarcha ó un trozo de los ramos que hemos encontrado en la ventana, veremos que se convierten en agua. En efecto, no son sino hielo, y si tomamos un cristal de aumento y miramos á las hermosas figuras de nuestra ventana, hallaremos que todos aquellos ramos se han formado por la superposición de pequeños cristales de hielo, de una misma forma y dispuestos de una manera regular. Cada uno de dichos cristales de hielo, se forma porque el aire de la habitación está mucho más caliente que el del exterior y además contiene tanta agua en estado gaseoso como es posible tener en aquella temperatura, y que ha sido producida por la respiración y por la evaporación de las superficies húmedas. Como los cristales de las ventanas son muy delgados, se enfrían por la temperatura baja del aire libre, y por esto el agua que en estado gaseoso se halla esparcida por el cuarto, al ponerse en contacto con los cristales se condensa en pequeñas gotas de agua muy fría, y como los vidrios la enfrían más y más, el agua no sólo pasa al estado sólido, sino que se *cristaliza ;* es decir, que aquellas pequeñas partículas de hielo, toman una forma geométrica más ó menos regular con caras aplastadas é inclinadas unas hacia otras

en ángulos constantemente iguales ; de tal modo, que parecen pequeños trozos de cristal cortados por obreros guiados por un molde ó figura regular. En efecto todo el hielo es cristalino, ó por mejor decir, es compuesto de pequeños cristales ; pero en el hielo formado por capas gruesas de agua, los cristales se hallan tan comprimidos unos contra otros que no pueden verse separadamente.

43. *Cuando se calienta un trozo de Hielo, tan pronto como su temperatura llega á 0° Centígrado ó 32° Farhenheit, se convierte en Agua.*

Un trozo de hielo que se ha formado al aire libre en un día muy frío, puede tener una temperatura de 2°, 10°, ó 15° bajo cero, ó más baja ; y si lo llevamos á una habitación caliente, se va calentando poco á poco, y no cambia en nada hasta que su temperatura llegue á 0° centígrado. Entonces comienza á derretirse y permanecerá á 0° mientras esté derritiéndose y el agua que procede de él en un principio estará también á 0°.

Si echamos un pedazo de hielo al fuego, mientras quede una pequeña partícula, ésta estará á 0°, sea cualquiera la temperatura que la rodee. En efecto es un hecho que forma paralelo con el que se observa cuando el agua se eleva á la temperatura de ebullición (100° centígrado); mientras quede una gota de agua sin convertirse en vapor, dicha gota no subirá de 100° y además el vapor en un principio estará también á 100°.

44. *El Hielo que es Sólido, el Agua que es líquido, y el Vapor que es Gaseoso, son tres estados diferentes de un objeto natural; la condición de cada uno de esos estados depende sólamente en una cantidad mayor ó menor de calor.*

Hielo, agua y vapor, son tres cosas tan diferentes entre sí, como pueden serlo otros tres objetos que queramos imaginarnos. ¿Qué queremos dar á entender cuando decimos que son tres estados diferentes de la sustancia llamada agua?

Queremos decir, que si tomamos una cantidad de agua, por ejemplo, 15 centímetros cúbicos, la podemos convertir sucesivamente en hielo y después en vapor; quedando sin embargo, una cosa que no cambia en ninguno de los tres estados. En primer lugar, la cosa que no cambia es el peso; próximamente 15 gramos (300 granos) pesa el agua, 15 gramos el hielo y 15 también el vapor que con ella se forma. Además una fuerza igual hará mover el agua, el hielo y el vapor con la misma rapidez; y una vez puestos en movimiento, producirán el mismo efecto sobre cualquier objeto movible contra el cual choquen.

En tercer lugar, cuando se estudia química se aprende que el hielo, el agua y el vapor, producen siempre la misma cantidad de *Oxígeno* é *Hidrógeno* y nada más. Cada 15 centímetros cúbicos de agua producen próximamente como 1,700 veces su volumen de vapor, y cerca de 16 centímetros y medio cúbicos ($1\frac{1}{11}$ pulgadas) de hielo, que á su vez se descompone en 1.66 centígramos (33.35

granos) de hidrógeno y 13.34 centígramos (266.65 granos) de oxígeno, sin rendir ninguna otra cosa más.

Como hemos visto que no hay la más pequeña diferencia de peso entre una cantidad de agua dada y el hielo ó vapor en que puede ser convertida, es claro, que la cantidad de calor que se ha añadido ó quitado al agua para convertirla en los diferentes estados, no tiene peso alguno. Si el calor es un cuerpo, tiene necesariamente que estar privado de peso, motivo por el cual los antiguos le llamaban *imponderable;* además se creyó que era un fluido al que llamaron *calórico*, el que no teniendo peso, tenía la propiedad de separar las partículas de los cuerpos al penetrar entre ellas en el momento de calentarlos; y de nuevo les permitía unirse cuando se retiraba y los cuerpos quedaban fríos.

45. *El Fenómeno del Calor, es el efecto del Movimiento rápido con que se agitan las Partículas de la Materia.*

Es una verdad incontestable la de que puede producirse calor por medio del movimiento, y todos sabemos que un trozo de metal se pone excesivamente caliente frotándolo contra otro cuerpo, como también un herrero inteligente, puede con un continuo martillar poner una pieza de hierro al calor rojo. Los ejes de las ruedas, si no se les engrasa ó lubrica bien, se suelen poner al rojo por el constante roce que tienen con los soportes, chumaceras ó cubos donde se apoyan; y hasta dos piezas de hielo, pueden llegar á fundirse, si se las frota una

con otra por bastante tiempo. Como aprenderemos al estudiar física, tenemos muchas razones para creer, que la sensación á la que llamamos calor y todos los fenómenos que se atribuyen á él, son los efectos del movimiento rápido de la materia. Sin embargo, un cuerpo que esté en reposo, puede calentarse sin hacer ver en apariencia el más pequeño movimiento. La superficie de un vaso de agua cuya temperatura es de 100°, está tan inmóvil ó quieta como la de otro á 50°. ¿Qué queremos dar á entender cuando decimos que el calor es una clase de movimiento, y que cuanto mayor sea el calor de un cuerpo, mayor será su movimiento?

El movimiento que causa el fenómeno del calor es invisible con respecto al total de la masa de dicho cuerpo; pero añadiremos que es un movimiento especial de cada una de las *partículas* que lo componen. Cada una de las partículas se mueve, no sólo hacia adelante, sino hacia atrás y adelante en el mismo espacio; de modo que podríamos aunque exagerando mucho, comparar su movimiento al de un péndulo ó bien al de la rueda volante de un reloj de bolsillo. Es un movimiento *vibratorio* que tiene lugar en un espacio muy pequeño y con extremada rapidez. La sensación de calor es causada por los movimientos vibratorios de las partículas, lo mismo que sucede para producir el sonido. Al hacer vibrar la lámina metálica de un diapasón, sabemos que vibra porque la vemos, y más especialmente en las notas bajas; si se pone el instrumento sujeto al extremo de una pieza de madera y se le

hace vibrar, aplicando el oído al extremo opuesto, oiremos las vibraciones mucho más ruidosas, y mientras tanto oigamos el sonido, estarán vibrando las partículas de la madera. Sin embargo, la pieza de madera permanecerá inmóvil ; pero sus partículas se balancearán atrás y adelante en un espacio tan excesivamente pequeño, que su movimiento es imperceptible. En ese caso ¿ cuáles son las partículas de la materia que por sus vibraciones dan lugar ó causan el fenómeno del calor ?

46. *Estructura del Agua.*

Hemos visto que el agua pura es absolutamente clara y trasparente, y que á la simple vista, no podemos descubrir la más pequeña diferencia entre sus partes ; es decir que no puede hallarse en ella textura ó estructura alguna visible. Sin embargo, por eso no podemos deducir que en realidad no la tenga, puesto que existen muchas cosas que parecen ser *homogéneas* en toda su masa, y que al examinarse con el microscopio, se ve que tienen estructura. Una hoja de papel fino blanco, al mirarla nos parece ser perfectamente suave é igual ; mientras que si la vemos á través de un lente ó cristal de aumento, hallaremos las fibras de la madera ó planta de que se ha hecho ; y bajo el microscopio aparece como una estera áspera. Igual resultado tendrímos si ponemos una pequeña gota de agua pura entre dos vidrios, de modo que forme una capa de menos de 3 millonésimas de metro de espesor y colocada en observación bajo el microscopio de mayor poder conocido, tendremos que parece com-

ponerse de una sustancia tan homogénea como la que descubrimos á la simple vista. Á pesar de todo ésto, no está probado que el agua deje de componerse de pequeñas partes ó partículas que estén distintamente separadas unas de otras; y meramente queremos dar á comprender, que las partículas son tan extremadamente pequeñas, que no pueden verse ni aún con los microscopios que agrandan de cuatro ó cinco mil diámetros los objetos que examinamos con ellos.

Está probado que algunos cuerpos sólidos pueden ser divididos de tal modo, que el mejor microscopio no nos sirve para ver sus partículas. La almáciga, goma ó resina que se extrae del árbol llamado lentisco, no puede disolverse con agua; pero se disuelve perfectamente en alcohol fuerte, y el barniz común, es una solución alcohólica de ella. Si al barniz común le echamos agua, el alcohol que tiene se combina con ella, y la goma ó resina cae al fondo de la vasija, es decir que se precipita como un sólido pastoso ó coaguloso que se compone de partículas blanquecinas extremadamente pequeñas; pero si echamos una gota de barniz en una gran cantidad de agua en estado natural, por ejemplo, en 0.50 centílitros y entonces la batimos ó agitamos perfectamente y, apesar de que la almáciga ó goma, se precipita como un sólido; sin embargo sus partículas están divididas de una manera tal y tan extremadamente pequeñas, que son invisibles á la simple vista, y el agua toma un tinte blanquecino de leche, cuyo tinte se lo dan las partículas de la goma que se hallan esparcidas ó difundidas por

toda ella. Además, si el agua ha sido bien batida y el experimento bien hecho, aunque examinemos una gota bajo el microscopio más potente ó de mayor fuerza, no alcanzaremos á ver las pequeñísimas partículas en que se ha dividido la almáciga ; y por lo que vemos parece simplemente una gota de agua pura. Los mejores microscopios pueden hacernos ver distintamente cualquier partícula sólida que tenga un diámetro de cerca de una millonésima parte de un metro, y aun es probable que partículas oscuras ú opacas de menor tamaño se hagan visibles bajo el microscopio apareciendo como una cosa turbia ó nebulosa ; por lo que decimos que las partículas de la almáciga, deben de ser mucho menores, puesto que no podemos verlas. De aquí deducimos que si el agua se compusiera de partículas ó gotas pequeñísimas como de una millonésima parte de un metro de diámetro, y que su estructura fuera como la de un puñado de perdigones ó munición muy menuda, no podríamos llegar á verla porque no hay microscopio que tenga tanto alcance, y no tenemos ningún otro medio que pueda probarlo.

47. *Suposiciones ó Hipótesis ; Valor y Uso de ellas.*

Cuando los medios que tenemos á nuestro alcance para la observación de cualquier hecho natural, nos limitan á hacer nuestras observaciones, y extender nuestros conocimientos hasta un punto que no nos satisface, es bueno, justificado y con frecuencia de mucha utilidad, hacer una suposición, si con ella nos fuera posible seguir la observación directa un

poco más allá. Las suposiciones de este género, se llaman *hipótesis;* y su valor depende en que la suposición sobre que nos fundamos, sea más ó menos cierta, y en la extensión que con su auxilio podemos dar á nuestros razonamientos, para llegar á formarnos una idea exacta del fenómeno que observamos. Por ejemplo: Juan se halla á la espalda y muy próximo á Pedro, y éste recibe un golpe en el cogote, no teniendo por consiguiente prueba ó evidencia alguna sobre la causa del golpe que ha recibido. Si Pedro estuviera sólo, quizá nunca llegara á saber de donde había procedido; pero teniendo á Juan á su espalda, enseguida supone que él ha sido quien le ha pegado. Esta hipótesis que Pedro se forma es razonada: en primer lugar, porque explica lo sucedido, y en segundo lugar, porque no hay otra explicación más probable; al decir probable, queremos dar á entender, que no existe otra esplicación más razonable y que esté más de acuerdo con el curso ordinario de la naturaleza. Si Juan declara que Pedro se ha figurado recibir un golpe, ó que se lo ha pegado un espíritu invisible, de seguro que Pedro no aceptará la explicación, y dirá que la hipótesis sentada por Juan, es muy improbable; porque los fenómenos del curso ordinario de la naturaleza, no son explicables con ilusiones, porque los espíritus no pueden dar golpes. En este caso, la hipótesis de Juan será improbable, y la de Pedro probable; siendo casi seguro que este último, obrará de acuerdo á la suya. En la vida diaria, el nueve por ciento de nuestras acciones, están basadas en suposiciones ó hipótesis, y el buen re-

sultado de nuestros negocios, depende en que las hipótesis sobre las que fundamos ó basamos nuestras acciones, sean razonadas. Creemos á una persona, porque hacemos la hipótesis de que es verídica, le prestamos dinero y le hacemos crédito, en la hipótesis de que es solvente y tiene recursos para devolvernos el dinero prestado.

De esta manera todo el mundo inventa, y es de absoluta necesidad el formar hipótesis, para darnos una idea sobre los muchos fenómenos de cuya causa no tenemos ninguna evidencia, siendo tan necesario y conveniente hacerlo en las observaciones científicas, como en la vida práctica. La sóla diferencia es, que los hombres científicos, no deben olvidar lo que con frecuencia se desatiende en la vida diaria, y es, que la hipótesis es un medio para averiguar la verdad ; pero no es la verdad misma : además, debemos servirnos de las hipótesis, mientras nos puedan ayudar á darnos á conocer el orden natural de las cosas ; pero no debemos dudar en desecharlas, tan pronto como veamos que no nos facilitan ó nos ayudan algo en la investigación que estamos haciendo para conocer dicho orden.

48. *Suposición ó Hipótesis de que el Agua se compone de Partículas Separadas.* (*Molèculas.*)

Dijimos que no podíamos percibir, y hay muy pocas esperanzas de que jamás se lleguen á ver las partículas de que se compone el agua ; dado caso que esté compuesta de partículas separadas. Sin embargo, es justificado que supongamos que el agua está compuesta de ese modo, en el caso de

que la hipótesis nos ayude á encontrar una perfecta explicación sobre las propiedades del agua. Supongamos que una porción cualquiera de agua, se compone de un número grandísimo de pequeñas partículas de una millonésima parte de metro por diámetro ó probablemente menores, y á las que podemos llamar *moléculas*.

De acuerdo con las propiedades generales de la materia, estamos justificados en creer que las moléculas tienden á aproximarse unas á otras ; pero el hecho de que el agua es un poco compresible, justifica y apoya la suposición de que sus moléculas no están unidas ó en contacto, y además que se hallan separadas por intersticios, como sucede con el polvo fino que se levanta al barrer una habitación. ¿Cuál es la causa de que las moléculas se hallen separadas? Hemos visto que una presión mecánica muy fuerte, aunque poco, las hace aproximarse unas á otras ; de lo que se deduce que existe una fuerza igual que las sostiene separadas. Esta resistencia debe tener el mismo origen, que la sensación á que nosotros llamamos calor ; puesto que vimos anteriormente que la disminución de calor ó enfriamiento, disminuía también el volumen del agua; es decir permite que sus moléculas se aproximen más unas á otras, ó lo que es lo mismo, hace menor la tendencia que tienen á estar separadas. Por otro lado, el aumento de calor aumenta el volumen del agua, ó lo que es igual, hace que las moléculas se separen y aumenta su tendencia á conservarse aparte ó separadas unas de otras.

Supongamos por ahora, que á la causa cuyo efec-

to es la tendencia de las moléculas á estar unidas, la llamamos *fuerza de atracción* ; y que á la causa que las hace estar separadas, que se nos manifiesta con la sensación de calor y que según vimos es con toda probabilidad, un movimiento de vibración rápido y giratorio, la designamos con el nombre de *fuerza repulsiva.* En el estado líquido, las dos fuerzas están de tal manera ajustadas que las moléculas tienen completa libertad de movimiento, apesar de hallarse unidas. Calentando el agua, aumentamos la fuerza repulsiva, hasta que las moléculas se hallan doce veces más separadas de lo que estaban en un principio en todas direcciones ó sentidos ; mientras que habiendo vencido la fuerza de atracción, si las moléculas no están dentro de una vasija cerrada, se van precipitadamente por todos lados. Además retirando calor del agua ó sea enfriándola, disminuiremos su fuerza repulsiva hasta que las moléculas llegan á hacerse inseparables y el agua asume la forma de un cuerpo sólido.

Es muy probable que la expansión que tiene el agua á la temperatura menor de 4° centígrado sea debida á que las moléculas al aproximarse unas á otras, lo hacen por un arreglo especial que ellas tienen. Por ejemplo ; si diez y seis hombres se hallan formados en una columna de á cuatro en fondo y cada hombre está separado un pie de distancia de los de su alrededor, los mismos hombres pueden unirse mucho más unos á otros, formando un cuadrado hueco que ocupe un espacio mayor al que antes ocupaban.

Para hallar una prueba de que las moléculas de

agua siguen un orden peculiar cuando se solidifican, no tenemos sino ver la forma en que se cristaliza el hielo. Cada uno de los cristales de la escarcha debe su figura á un arreglo particular de sus moléculas que siguen una forma geométrica bien definida. Por lo dicho vemos que la hipótesis sentada de que el agua está compuesta de pequeñas moléculas, es muy útil ; porque nos ayuda hasta cierto punto á explicarnos las propiedades del agua. Cuando estudiemos física y aprendamos las leyes de movimiento, encontraremos que son innumerables las verdades establecidas por observaciones y experimentos, que pueden ser perfectamente explicadas con la hipótesis que hemos citado. Por eso puede ser adoptada con ventaja, y debemos emplearla como un buen medio de poder imaginarnos el orden de la naturaleza, en lo que concierne al agua, mientras no se descubran hechos ó verdades que estén en contra de ella.

49. *La Materia toda, está compuesta probablemente de Moléculas ó de Átomos.*

Las mismas razones que nos inducen á adoptar la hipótesis de que el agua se compone de partículas separadas, nos apoyan para que nos extendamos y aceptemos dicha hipótesis respecto á cualquier forma de materia.

Si tomamos por ejemplo el metal conocido con el nombre de *mercurio ó azogue*, podemos considerarlo como si estuviera compuesto de partículas excesivamente pequeñas, y que según sea la temperatura á que están expuestas, se reunen formando

un cuerpo sólido, al que llamamos mercurio helado, otras veces se nos presentan en estado líquido, que es la forma común, y otras en estado gaseoso, ó en forma de vapor. Si sometemos al mercurio á cualquier tratamiento conocido por los químicos, no sacaremos de él más que mercurio, puesto que hasta el día las partículas de este metal no han podido verse separadas, por cuya razón se les ha llamado *átomos* ó partículas que no pueden separarse ; además se cree, que el mercurio es un *elemento* ó sea una sustancia que no está compuesta por otras. En este ejemplo es muy útil distinguir lo que es un hecho y lo que es una hipótesis. Es un hecho que hasta la actualidad, del mercurio puro nadie ha podido sacar sino puro mercurio y nada más. Fundados en esto, se dice que el mercurio es un cuerpo simple, y por cuya razón nunca podrá descomponerse en otros ; pero esto es una hipótesis que los trabajos y observaciones constantes, podrán ó no confirmar.

Hace ciento cincuenta años, que todo el mundo creía que como el mercurio, el agua era también un elemento simple ; pero ahora se sabe que el agua es un cuerpo compuesto, y como hemos dicho puede muy bien *descomponerse*, de la manera que nos enseña la química, en dos sustancias completamente distintas : el *oxígeno* y el *hidrógeno*, que á todas temperaturas conocidas son gases ; apesar de que poniéndolos bajo una inmensa presión y una temperatura muy baja, se les ha llegado á ver en estado líquido. Cada uno de esos gases de acuerdo con nuestra hipótesis, se componen de partículas y

puesto que estas no pueden llegar á ser descompuestas, se les considera *átomos* como á los del mercurio.

Un peso cualquiera de agua natural se descompone en ocho partes por peso de oxígeno y una de hidrógeno, de manera que de 9 kilógramos de agua descomponiéndola, sacaremos 8 kilógramos de oxígeno y 1 kilógramo de hidrógeno. De esto se deduce necesariamente, que la partícula ó molécula hipotética del agua tiene que componerse de átomos de oxígeno é hidrógeno que tengan los pesos relativamente bastante indicamos. Ahora bien, los químicos tienen motivos que fundados para creer que en cada molécula de agua, existen dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno ; y si es así, la estructura del agua tiene que ser más complicada de lo que nosotros la creímos en un principio, y cada partícula ó molécula de ella debe ser un compuesto de tres átomos separados.

50. *Los Cuerpos Elementales ó Elementos, no pueden destruirse y la cantidad que existe en la Naturaleza no puede ser aumentada.*

Hemos visto ya que un centímetro cúbico de agua, evaporado por la acción del calor, no se destruye sino que meramente cambia del estado líquido al gaseoso ; pero su peso permanece siempre el mismo. Si el centímetro cúbico de agua, lo descomponemos en los gases oxígeno é hidrógeno, el agua se habrá destruido ; pero no así las sustancias que la componían porque permanecen siempre invariables en peso, es decir que pesan lo mismo que

antes de descomponerse. Si el agua en su estado natural pesaba un gramo, como el gas oxígeno pesará próximamente 889 milígramos y el hidrógeno 111 milígramos, y nada de lo que los hombres han podido hacer hasta ahora, ha variado ó afectado en nada el peso de dichos gases. En conformidad con los conocimientos de la ciencia se sabe, que las sustancias elementales ó los elementos, conservan siempre su propio peso en todos los casos y bajo cualquier circunstancia que estén ; y pueden ser descubiertos y reconocidos por el peso en cualquier forma que se presenten. Si esto es verdad, se deduce que en el orden de la naturaleza, la materia es *indestructible*, y su cantidad ni aumenta ni disminuye. Por esta circunstancia observamos que las cosas ú objetos naturales y las artificiales, se parecen en un sentido ; de modo que si es cierto que la materia no puede ser ni destruida ni aumentada, como consecuencia llegamos á la conclusión de que el orden de los acontecimientos ú ocurrencias de la naturaleza, consiste en reunir y separar elementos, por medio de causas naturales ; mientras el orden de todo lo que hacen los hombres ó el mundo artificial, consiste en reunir y separar los cuerpos ó cosas naturales valiéndose de causas artificiales.

51. *Mezcla Simple.*

Para aprender la manera de descomponer el agua en sus elementos, es necesario estudiar química ; pero como preliminar al estudio de dicha ciencia, es menester considerar algunos casos de composi-

ción y descomposición que se pueden explicar por medio del agua.

Si á medio litro de agua clara, por ejemplo, le añadimos otro medio de agua coloreada por un poco de tinta, observaremos que se mezclan perfectamente. Como el total de la cantidad de agua hace un litro, su color será la mitad menos oscuro que lo era antes de mezclar los dos medios litros; á esto se le llama *mezcla* simple. El volumen de la mezcla iguala á la suma de las dos cosas mezcladas, y las propiedades de las cosas mezcladas, no sufren ninguna alteración. Del mismo modo sucede si se evapora agua; ésta en estado gaseoso, se mezcla con el aire hasta que las moléculas de ambos cuerpos, dispersándose por uno y otro lado llegan al momento de que se hallan distribuidas igualmente por todo. Así también se pueden mezclar el azúcar y la arena (y desgraciadamente se mezcla con frecuencia) sin que ninguna cambie sus propiedades ocupando siempre el mismo espacio que antes ocupaban.

Por otro lado, tenemos que el agua y el aceite no se pueden mezclar aunque se revuelvan tanto como se quiera y además como el aceite es menos pesado, en el momento que dejamos el líquido tranquilo sube para la superficie. Tampoco podemos intentar mezclar el agua y el mercurio, sino que el mercurio teniendo más densidad que el agua va de momento al fondo de la vasija en que los pongamos. La arena y las limaduras no pueden formar mezcla con el agua sino que siendo más pesadas, se van al fondo. Finalmente, si reducimos

un trozo de hielo á polvo, mientras no se eleve su temperatura jamás podremos mezclarlo con agua fría, puesto que siendo un cuerpo menos denso flota á la superficie.

52. *Mezcla seguida por Aumento de Densidad. Alcohol y Agua.*

El *alcohol* ó espíritu como comunmente se llama, es un líquido claro y trasparente que se parece al agua; pero que es una sustancia completamente distinta á ella. Hierve á una temperatura mucho más baja, se quema con una flama azul, produce la embriaguez, y como el aceite es mucho menos denso ó más ligero que el agua; por cuya razón si vertimos con cuidado un poco de alcohol coloreado en un vaso de agua el espíritu quedará posado sobre ella. Supongamos ahora que tomamos una medida graduada en diez partes iguales; llenemos las cinco partes bajas de agua, y después se vierte cuidadosamente alcohol coloreado hasta que llegue al número diez de la medida; y tendremos cinco volúmenes de agua abajo y otros cinco de alcohol arriba. El color nos indicará el punto donde los dos están en contacto, aunque veremos que el alcohol se ha esparcido á corta distancia más abajo del nivel del agua; pero sólo tendrá lugar una mezcla casi insignificante. Sin embargo esto no sucederá porque los dos líquidos dejen de poder mezclarse perfectamente, puesto que batiéndolos un poco, tendremos un fluido casi con la mitad de color del que tenía el alcohol y muchas otras propiedades intermedias entre las del alcohol puro y las del agua pura.

Á la simple vista nos parece que no ha habido más que una simple mezcla como cuando unimos el agua coloreada y la clara; pero ha sucedido algo más. En primer lugar la mezcla tiene una temperatura mayor que la de cualquiera de sus componentes; es decir que al mezclarse han *generado* ó *producido calor.* En segundo lugar, si nos fijamos en el volumen, veremos que no llega á la marca número diez, sino que se queda á la *nueve y tres cuartos.* Como el volumen de la mezcla es menor que la suma de los volúmenes de los componentes, se deduce que la *densidad* tiene que ser *mayor*, que la que resultaría sacando un término medio entre la del alcohol y la del agua. Es decir, que en la mezcla, las moléculas no ocupan el mismo si no menos espacio que cuando estaban separadas, dando un resultado igual al que hubiéramos obtenido comprimiendo los diez volúmenes y los hubiéramos reducido á nueve y tres cuartos; de tal modo, que el efecto es una contracción parecida á la que tendría lugar si bajáramos la temperatura de la mezcla; y en realidad hemos visto que la mezcla desprende una cantidad proporcionada de calor.

Además, hay otra cosa en la que la mezcla no se parece á sus dos componentes y es, que *hierve* y se *hiela* á una temperatura mucho más *baja* que el *agua* y mucho más *alta* que el *alcohol.* En efecto al alcohol puro no ha podido vérsele jamás helado. Si las moléculas de alcohol simplemente se difundieran ó esparcieran entre el agua como ésta se difunde entre arena mojada, el alcohol pasaría al estado gaseoso á la misma temperatura que hierve

y sería extremamente fácil separarlo del agua por medio de la destilación. Sin embargo no sucede así; el alcohol no puede obtenerse libre de agua por medio de la destilación, mientras no se añada alguna cosa que se apodere fuertemente del agua, y en ese caso se usa la cal viva para que absorba y retenga el agua mientras se calienta la mezcla. Así pues, diremos, que el alcohol y el agua se mezclan dando por resultado la formación de un fluido que no es una mera mezcla, como aquellas cuyas propiedades sabemos conociendo los de sus componentes; sino que es un nuevo cuerpo, una nueva sustancia en la cual las moléculas del agua y las del alcohol se afectan mutuamente, y hasta cierto punto, modificando las propiedades peculiares de cada una.

El efecto que un cuerpo produce al *combinarse*, en el momento de ponerse en contacto con otro se hace más manifiesto á nuestra vista, cuando al agua se la pone en contacto con algunos sólidos.

53. *Solución. El Agua Disuelve la Sal.*

Si echamos una cucharada de sal en una taza de agua y la batimos bien, la sal desaparece rápidamente, y al poco rato el agua tiene la misma apariencia á la simple vista, que cuando estaba pura. Sin embargo si el agua que teníamos en la taza pesaba 5 onzas y la sal 2 onzas ahora el agua que tenemos en la taza pesara 7 onzas y tendrá un gusto salado; además diremos que la sal está *disuelta*, y á la *solución* le llamamos *salmuera*. Se dice que esta solución está *saturada* porque si echamos más sal

en la taza no se disuelve y cae sin alterarse al fondo; y no podrá desleirse más porque una cantidad de agua cualquiera no puede disolver sino sólamente dos quintos de su peso de sal. Si esta solución ó salmuera, la ponemos en un plato ancho de modo que podamos hacerle hervir y evaporarla, enseguida que el agua por efecto de la evaporación va perdiendo el peso, la sal vuelve al estado sólido y se va depositando en el fondo del plato en la proporción de $\frac{2}{5}$ del peso de agua evaporada, es decir que el peso de la sal depositada, siempre será igual á dos quintos del peso del agua que se ha evaporado. Además cuando se ha evaporado toda el agua, la sal que se ha depositado en el fondo, pesa igual y tiene las mismas propiedades que antes de haberse disuelto en el agua.

Vemos, que el agua en contacto con la sal tiene un efecto singular, cambia la propiedad de la *solidez* que tiene la sal; pero no causa alteración ninguna en todo lo demás. Vimos que el polvo de hielo no se mezcla con el agua de hielo, sino que permanece en estado sólido; pero en el momento en que sube la temperatura del agua la fuerza de *cohesión* ó sea la que impele á las moléculas á unirse cuando los cuerpos pasan al estado sólido desaparece, y las moléculas libres para moverse, se mezclan con las del agua que las rodea. También podríamos decir, que rota la unión que sostiene juntas á las moléculas en el estado sólido, se disuelven y el hielo se convierte en líquido.

El parecido de este procedimiento con el de disolver la sal en agua es tanto, que comunmente

suele decirse que un trozo de sal ó de azúcar se derriten en el agua; la idea está mal expresada, porque si quisiéramos poner la sal en estado líquido por medio del calor, sería necesario exponerla á una temperatura muy elevada, mientras que la conversión de la sal del estado sólido al líquido por medio del agua fría es un proceso mucho más fácil y muy diferente al de su licuefacción por el calor. Sin embargo con respecto á las condiciones de la sal, el resultado es el mismo, en el momento en que la cohesión entre sus moléculas se rompe, éstas se distribuyen entre las moléculas de agua de la misma manera que las de vapor se distribuyen entre las de aire; y cuando se estudia química se aprende á probar, que la gota más pequeña de una solución de sal ó salmuera, contiene en proporción á su peso la misma cantidad que el total de ella.

Si la salmuera se deja á que se evapore lentamente, las moléculas de sal se arreglan y ordenan de una manera especial á medida que el agua se evapora, convirtiéndose en hermosos cristales perfectamente regulares, y pueden verse formar fácilmente si observamos debajo del microscopio una gota de salmuera en el momento de secarse. Los cristales de sal, no contienen más que sal, si se exponen á una alta temperatura al rojo por ejemplo, pasan al estado fluido, y si se continúa elevando la temperatura, la sal se convierte en vapor ó gas, y como tal se eleva en el aire, ó en otras palabras, se *volatiliza.*

Acabamos de ver que cuando reunimos sal y agua, la sal sufre una pequeña alteración á la par que el

agua también se altera en algo. La salmuera, no hierve á 100° centígrado, sino que requiere una temperatura más elevada ; la sal parece como si retuviera el agua no dejándola pasar al estado gaseoso, como lo hace cuando se halla pura ; semejante al caso anterior, en el que el agua parecía sujetar el alcohol, y podemos decir que la fuerza del calor que hace separarse las moléculas de agua cuando se convierte en vapor, tiene que combatir una fuerza mucho mayor cuando el agua se halla mezclada con la sal. Además como la presencia del alcohol, impide que el agua se congele á 0° centígrado, también la presencia de la sal impide á que se hiele á dicha temperatura. El agua del mar, que es una salmuera de poca fuerza, es decir, que no contiene la sal necesaria para estar saturada ; únicamente comienza á helarse á los 2° centígrado ; el hielo que de ella se forma, es completamente puro, es decir no contiene sal y el agua restante está mucho más salada.

Si con la palabra atracción, queremos dar á entender ó significar la fuerza que se opone á la separación de las partículas de los cuerpos, podemos decir, que las moléculas de la sal y las del agua se atraen mutuamente, y á esa fuerza mutua entre moléculas de la misma clase, se da el nombre de *atracción química.*

54. *La Cal Viva y el Agua: el Gipso ó Yeso y el Agua: Combinación.*

La cal viva es una sustancia que se obtiene elevando las piedras de cal ó calizas á una temperatu-

ra muy alta, ó sea calcinándolas ; cuando la cal se halla pura es un cuerpo sólido, duro y blanco, que no puede convertírsele en líquido ó gaseoso, sino á una temperatura inmensamente alta. Si ponemos un trozo de cal viva en un plato, y echamos sobre él una cantidad de agua igual en peso á $\frac{1}{3}$ del de la cal, al ponerse en contacto las dos sustancias empieza una gran esfervescencia, se produce bastante calor, el agua desaparece y el trozo de cal se abre convirtiéndose en un polvo blando ; á esta operación los albañiles la llaman *apagar la cal.* Si no se añade más agua de la que dijimos, el polvo color blanco puro en que la cal se ha convertido se seca y á la simple vista creemos que el agua ha desaparecido.

En las soluciones de agua vemos un sólido que se convierte en fluido por la influencia del agua, y en la operación de apagar la cal vemos que el líquido agua, entra á formar parte de la estructura de un sólido. Si añadimos más agua, tendremos que la cal se disuelve y la solución es llamada agua de cal. Haciendo este experimento cuidadosamente, podremos después evaporar el agua y obtener la cal en forma de cristales, como hicimos en el caso de la sal. Sin embargo, entre ambos existe una diferencia, y es que los cristales de sal, no contienen agua, mientras que la proporción que existe en los cristales de cal, es la misma que la de la cal apagada, es decir un 33 por ciento próximamente. El agua que se ha unido á la cal para formar este sólido, no puede separarse de ella sino exponiéndola al calor rojo. En este caso, se dice que las dos sustancias forman una

combinación química ó que se hallan *combinadas químicamente.* Como la proporción en que entran la cal y el agua para formar la cal apagada y la cal cristalizada es la misma, se dice que se combinan en *proporciones definidas.* Á la cal apagada se la conoce en química con los nombres de *cal hidratada* ó *hidrato de cal.*

El *Gipso* ó *Yeso*, es un polvo blanco y seco, que se prepara por un procedimiento parecido al que se lleva á efecto con las piedras de cal. Cuando se mezcla con un poco de agua no se apaga como sucede con la cal; sino que al unirse las dos sustancias, el yeso se *endurece* al mismo tiempo que la mayor parte del agua desaparece á nuestra vista. En efecto, al combinarse, han formado un hidrato, en el cual cuando la mezcla se seca, es decir que el agua sobrante se ha evaporado, no es posible descubrir ningún vestigio ni señal de ella. Los vaciadores en yeso, y los que hacen moldes y estatuitas, aprovechan esta circunstancia para poder moldar lo que desean; echan el yeso mezclado con agua ó sea en estado fluido alrededor de la pieza que quieren moldar; como fluido toma la forma de todas las irregularidades del molde, y al endurecerse, conserva la forma que adquirió cuando estaba en su estado fluido. El yeso endurecido puede estar perfectamente seco y sin embargo siempre tiene de 12 á 14 por ciento de su peso de agua, que forma una parte integrante del hidrato sólido. Si el yeso sólido se expone á una temperatura muy elevada, pierde el agua que contiene en combinación y vuelve á su estado original.

El yeso se halla muy abundante en la naturaleza en forma de cristales que reciben el nombre de *selenita,* y tienen la misma composición que el yeso trabajado ó endurecido, es decir que son hidratos. Si examinamos bajo el microscopio una hoja ó lámina de estos cristales, veremos que aparece perfectamente homogénea. Sin embargo hay buenas razones para creer que se compone de moléculas de agua y de yeso tan íntimamente unidas que forman un cuerpo duro, vidrioso y quebradizo. Las moléculas de este hidrato, están más íntimamente unidas en sentido lateral que en el de su longitud, siendo así que es muy fácil separar los cristales á lo largo de ellos; mientras que se necesita gran fuerza para cortarlos trasversalmente, en cuyo caso no se separan en hojas sino que se quiebran.

El salitre la sal de Glober ó sulfato de sosa, y la de Epson, sal de higuera ó sulfato de magnesia, son también sólidos que se disuelven en agua, se separan en forma de cristales cuando el agua se evapora, y como la cal y el yeso, se combinan con una proporción definida de agua para formar compuestos cristalinos. Cada una de estas sustancias sólidas vidriosas y quebradizas contiene más de la mitad de su peso de agua.

Vemos pues que dos cuerpos de los que uno es el agua, pueden combinarse para dar lugar á otra cosa diferente á ellos; pero esto conduce á la ciencia llamada *Química,* la que nos dice exactamente en la forma que los cuerpos se combinan entre sí, lo que sucede por su combinación, y la manera como

pueden separarse los constituyentes de los cuerpos compuestos.

55. *Los Cuerpos Minerales pueden tomar una forma definida y crecer ó aumentar en tamaño por la adición de partes semejantes á su materia.*

El agua y todos los otros cuerpos naturales de que ya hemos hablado, son los que se designan con el nombre de *cuerpos minerales*, apesar de que en el uso común, se les llama minerales únicamente á las gangas ó piedras de donde se obtienen los metales y también á los metales mismos. Hasta ahora hemos tenido ocasión de observar que bajo ciertas circunstancias, no sólamente el agua sino también otros cuerpos minerales, toman formas regulares, siendo el ejemplo más familiar de todos en los países fríos, la hermosa imitación de hojas y ramaje que presenta el hielo formado en los cristales de las ventanas en las noches de invierno. También hemos visto sucesivamente que la sal común, la cal, el yeso, la sal de Glober y la sal de higuera ó de Epson, toman la forma cristalina tan pronto como sus compuestos con el agua, se depositan en el fondo de las vasijas á consecuencia de la evaporación del agua. Si dejamos evaporar una gota de solución de salitre ó sal de Glober bajo el microscopio, podremos observar un espectáculo maravilloso ; á medida que la sal toma la forma sólida, los cristales aparecen en el foco visual en forma de agujas y láminas, dispuestas en las formas más bellas, y que apesar de ser diferentes á las de la escarcha ; sin embargo, pueden rivalizar con ellas en hermosura. Final-

mente, cuando se estudie la *cristalografía,* se verá que toda sustancia cristalizable, tiene una forma especial para sus cristales, y nunca se apartan de ciertas figuras geométricas las que representan estrictamente.

Un cristal de cualquiera de esas sustancias, *crece* si se encuentra en circunstancias á propósito y las condiciones son favorables. Por ejemplo, si en una solución saturada de sal y que esté expuesta al aire libre, introducimos un cristal de sal y lo suspendemos con un hilo, permitiendo á la vez que el agua se evapore lentamente, las moléculas de sal que al evaporarse el agua no pueden sostenerse en solución, se depositan sobre el cristal de una manera regular, haciéndole aumentar de tamaño ; pero sin hacerle cambiar de forma ; de este modo podemos hacer que un cristal llegue á tener el tamaño que nos plazca. Los cristales grandes de azúcar candi ó piedra se componen de azúcar y agua depositadas de un almíbar ó solución espesa de azúcar, haciéndolos por medio de pequeños cristales suspendidos de hilos y sumergidos dentro de la solución en el momento en que ésta se evapora. En este crecimiento se observará, que el aumento de tamaño se lleva á cabo por adición de partes en el exterior del cuerpo, ó sea por *yuxtaposición ;* además la materia que se añaden á los cristales, como sucede con la sal y el azúcar, existen como sal en la salmuera ó azúcar en el almíbar.

CUERPOS VIVOS

56. *La Planta del Trigo y las sustancias de que se compone.*

Muchos han visto los campos de trigo y otros los conocen por los grabados ó viñetas de los libros. Si cuando estamos en uno de ellos durante la época de la cosecha, arrancamos una de las innumerables *cañas de trigo* que cubren el campo, veremos que consiste : en la caña ó paja, que por la parte inferior termina en la raíz y en la superior por la *espiga* y que á la caña se hallan unidas las *hojas.* La espiga contiene muchos granos ovalados que son las *semillas* de la planta. Una vez que las semillas se limpian ó por mejor decir se extraen de la *cápsula pajiza* que las cubre, se llevan á los molinos harineros donde al molerlas se convierten en dos sustancias ; la una es un polvo fino y muy blanco que se llama *harina*, y la otra es la segunda cubierta del grano ó sea el *salvado*, y finalmente de la harina se hace el pan. Si mezclamos un puñado de harina con un poco de agua fría, lo metemos en un saquito de cañamazo ú otra tela por el estilo, después lo sumergimos en una vasija llena de agua y lo amasamos con las manos, la harina comenzará á ponerse pastosa, al mismo tiempo que el agua de la vasija toma un blanco de leche. Entonces pasamos aquella agua á otra vasija y continuamos amasando en otra agua completamente clara, la que pocos momentos después se habrá puesto casi tan blanca como la primera. Repitiendo los mismos cambios

de agua por varias veces, llegaremos á un momento en que la harina que pusimos en el saco se hace más y más pastosa, mientras el agua llega á verse también perfectamente clara. La sustancia pastosa que hemos obtenido de esa manera, es llamada *gluten*, y en el comercio se conoce con el nombre de *macarrones*. Si dejamos que se pose el agua empleada en nuestro experimento, encontraremos en el fondo de la vasija un residuo ó sedimento blanquecino, mientras que el agua ha quedado perfectamente clara. Este sedimento consiste en pequeños granos de *almidón*, cada uno de los cuales observado con el microscopio, vemos que contiene una estructura concéntrica y laminar. Si ponemos á hervir el agua que nos sirvió para extraer el gluten y el almidón, en cuanto la temperatura se ha elevado á cierto grado, el agua comienza á ponerse turbia, semejente á lo que sucede con el agua donde se ha disuelto una clara de huevo, poco después vemos que en el fondo de la vasija se deposita una sustancia informe, granulosa y blanquecina, á la cual se la conoce con el nombre de *albúmina vegetal*.

Además de el gluten, el almidón y la albúmina, en la harina de trigo, existen también otras sustancias de las cuales no podemos tener noticia por lo poco adecuado del método analítico que hemos seguido en nuestro experimento. En la harina está contenida una sustancia leñosa conocida con el nombre de *celulosa*, cierta cantidad de *azúcar* y *grasa*. Sería posible también obtener sustancias semejantes á la albúmina, el almidón, la sacarina,

materias grasas y celulosa, exponiendo la raíz, la caña ó tallo y las hojas á un procedimiento parecido al anterior, como resultado del cual encontraríamos la celulosa en mucha mayor proporción que las otras ; puesto que la *paja* que es el tallo ó caña y las hojas secas de la planta del trigo, se componen casi totalmente de celulosa ; aunque sin embargo, contiene una proporción de sustancias minerales entre las cuales se halla puro una especie de pedernal ó *sílice.* Si alguna vez vemos un rastrojo campo de mies después de segado quemado, observaremos la presencia de la sílice cristalizada en las cenizas. En la planta todas estas sustancias se hallan combinadas con una gran proporción de agua ó bien se hallan disueltas y suspendidas en ese fluido. La cantidad de agua que entra en la composición de la caña, las hojas y la raíz, es mucho mayor en proporción que la que se halla en las semillas.

57. *La Gallina Común y las sustancias de que se compone.*

Todos hemos visto las gallinas y sabemos que son animales muy activos, que corren de un lado á otro y que vuelan. Su cuerpo está cubierto de plumas y dotado de dos patas y dos alas ; y además en uno de los extremos del cuerpo, después de un cuello largo tiene la cabeza terminada por un pico córneo, dividido en dos mitades entre las que se halla la boca. La gallina pone *huevos,* que como todos sabemos están encerrados dentro de una cáscara. Si rompemos un huevo, vemos que se derrama el contenido que se compone de dos sus-

tancias: una clara, incolora y trasparente llamada la *clara*, y la otra amarilla, espesa y opaca, conocida por el nombre de *yema*. Si echamos la clara en una vasija con agua y la calentamos, empieza por enturbiarse y termina por formar un cuerpo sólido, blanco y muy parecido á la albúmina vegetal que observámos cuando hicimos el experimento con la harina de trigo. Á esta sustancia que compone la clara del huevo, se la llama *albúmina animal.*

Si echamos la yema en agua y la batimos, no encontraremos en ella ni almidón ni celulosa; pero sí veremos muchas sustancias grasas, algo de sacarina, y además otras sustancias más ó menos parecidas á la albúmina y al gluten; mientras que las plumas del animal, se componen principalmente de una sustancia córnea. Si desplumamos el ave y después hacemos cocer la gallina por mucho tiempo, encontraremos que el agua contiene una gran cantidad de *gelatina* que se solidifica en forma de jalea al enfriarse; el cuerpo del animal se convierte en pedazos y la carne se separa de los huesos. Los huesos se componen casi por completo de una sustancia que produce gelatina cuando se cuecen en agua, y están impregnados de sales de cal que les dan la solidez, lo mismo que á la caña de la planta del trigo se la da la sílice. Por otro lado, la carne contiene albúmina y otras sustancias muy parecidas á ella llamadas *fibrina* y *sintonina.*

Cuando el ave está viva, todas estas sustancias se hallan combinadas con gran cantidad de agua ó bien disueltas y suspendidas en ella. Sin embargo, es menester no echar en olvido que entre los compo-

nentes del cuerpo de la gallina y en el huevo, hay otros los que no mencionamos por creerlos de poca importancia ahora por lo menos.

58. *Algunos de los constituyentes que entran en la composición del Cuerpo del Ave, son muy semejantes á los que constituyen la Planta del Trigo.*

La planta del trigo no contiene sustancia córnea ni tampoco gelatina, y el ave no contiene ni almidón ni celulosa ; pero la albúmina de la planta es muy parecida á la del animal, y la fibrina y la sintonina del animal tienen muy estrecha relación con la albúmina y el gluten. Es indudable que entre dichas sustancias hay una gran similaridad, puesto que si se les eleva á una temperatura un poco alta y entonces se les deja podrir, todas exhalan la misma clase de olor desagradable ; y un examen químico analítico de ellas, nos probará que todas se componen de *Carbón*, *Hidrógeno*, *Oxígeno* y *Nitrógeno*, combinados casi en las mismas proporciones. En efecto para obtener un *carbón* como el de leña que no es sino una forma impura de carbono, no tenemos más que calentar á muy alta temperatura en un receptáculo ó vasija en el que no pueda entrar el aire, un puñado de trigo, ó trozos de carne de ave. El objeto de hacer el experimento fuera del contacto del aire, es para evitar que se quemen las cosas que queremos carbonizar, siendo ese el mismo procedimiento que usan los carboneros. Si el receptáculo que usamos, está á propósito para recoger los productos de la *destilación destructiva*, podemos condensarlos y siempre encontraremos agua y amo-

níaco en cualquier forma que sea. Ahora bien, el amoníaco es un cuerpo compuesto de los simples, nitrógeno é hidrógeno ; y según dijimos antes, el cuerpo de donde estos han salido tenía necesariamente que contenerlos. Según eso, es una verdad que compuestos semejantes de nitrógeno forman una gran parte de los cuerpos la planta del trigo y el ave, y á estos compuestos se les conoce con el nombre de *proteides.*

59. *Los Proteides se hallan en la Naturaleza en los Cuerpos de las Plantas y de los Animales. Los Animales y las Plantas siempre contienen Proteides.*

Es un hecho notable que la albúmina, el gluten, la fibrina y la sintonina, no sólo se conocen como sustancias exclusivas componentes de los cuerpos de las plantas y de los animales ; sino que todos los animales y todas las plantas en cualquier período de su existencia, contienen alguna de las citadas sustancias á pesar de que la composición de los cuerpos vivos, puede variar indefinidamente. Así pues, algunas plantas no contienen ni almidón ni celulosa, mientras que algunos animales las contienen, y otros carecen por completo de sustancias córneas y gelatinosas.

De todo esto se deduce, que la sustancia que aparece como *esencial* en la fundación de los cuerpos tanto animales como vegetales, es la llamada *proteide* unida con *agua ;* á pesar de que es probable que en todas las plantas y los animales, los proteides se hallan más ó menos unidos á sustancias *gra-*

sas y *amiláceas* (almidón y sacarina), con las que en pequeñas cantidades se combinan ciertos cuerpos minerales, entre los que los más importantes parecen ser el *fósforo*, el *hierro*, la *cal* y la *potasa*.

Reasumiendo, diremos que existe una sustancia compuesta de agua + (más) proteides + (más) grasa + (más) amiláceas + (más) sustancias minerales, que se encuentra en todos los animales y plantas, y cuando estos se hallan vivos, la sustancia se conoce con el nombre de *protoplasma*.

60. *¿ Qué significa la palabra Vida ?*

La planta de trigo que encontramos en el campo se dice que es una cosa *viviente* ó con vida, lo mismo que la gallina que vemos correr de un lado á otro por el corral de nuestras casas. Si cortamos la planta con un cuchillo ó damos á la gallina un fuerte golpe en la cabeza, mueren enseguida y entonces decimos que son cosas *muertas* ó sin *vida*. Ambos cuerpos, la planta de trigo y la gallina, según vimos se componen de los mismos elementos que entran en la composición de las sustancias minerales, á pesar de estar unidos formando compuestos que no existen en el mundo mineral. Entonces ¿ por qué cuando esta sustancia toma la forma de la planta ó la del ave, decimos que son *cuerpos vivos?*

61. *Las Plantas Vivas aumentan su Tamaño ó crecen por la adición constante de sustancias iguales á las que componen su cuerpo. Sin embargo, estas sustancias no están formadas en la Tierra,*

sino que las Plantas, después de haber absorbido los Materiales simples de los campos, los combinan y asimilan dentro de sus propios Cuerpos.

En la primavera, los campos de trigo están cubiertos de pequeñas matas verdes ; éstas crecen en grueso y en altura, hasta que llegan á tener un tamaño mucho mayor del que tenían en un principio ; después producen las flores, y finalmente éstas, se convierten en espigas llenas de granos. Si consideramos simplemente el hecho del crecimiento para adquirir una forma definida, podremos compararlo con el de un cristal de sal cuando está dentro de salmuera ; pero examinándolo con detenimiento, veremos que es una cosa totalmente diferente. El cristal de sal crece y aumenta de tamaño adhiriéndose á sí mismo y en su parte exterior la sal disuelta en la salmuera, es decir, que el cristal crece por *yuxtaposición ;* mientras que la planta es al contrario crece por la adición á su interior, ó sea por *intosuscepción,* y además en el suelo, en el agua y en el aire, no se encuentran la albúmina, el gluten, el almidón y la celulosa, que son los componentes característicos de la planta del trigo. Como sea que la planta no crea nada como ya dijimos, por eso la materia de que se componen los proteides, amiláceas y grasas que contiene, tiene necesariamente que recibirlas de otra parte en una ú otra forma ; y lo único que hace la planta, es combinarlas de una manera especial dentro de su cuerpo, para asimilárselas y aprovecharse de ellas del modo más conveniente.

Es muy fácil observar de una manera general, cuales son los materiales simples ó en bruto que la planta perfecciona en sí misma, y que según dijimos, como ella de por sí no los tiene, se los proporcionan constantemente la atmósfera y el suelo. La atmósfera contiene oxígeno y nitrógeno, algo de gas ácido carbónico, una pequeña cantidad de sales de amoniaco, y una proporción variable de agua. El suelo contiene arcilla y arena (sílice), cal, hierro, potasa, fósforo, sales de amoníaco y otras muchas sustancias de pequeña importancia. Vemos pues que entre la atmósfera y el suelo se hallan contenidos todos los materiales simples que hemos encontrado en la planta; pero ésta tiene que separarlos y combinarlos de nuevo para apropiárselos. Además, como la planta crece por la adición de nuevos materiales, estos no se van poniendo por sí sólos á su superficie, sino que son combinados, ó como podríamos decir, manufacturados en el interior de la planta, y las nuevas moléculas de ellos, se difunden ó reparten entre las ya formadas anteriormente.

62. *Cuando la Planta Viva ha crecido lo suficiente, se desprende de una parte de su Sustancia llamada Semilla, y ésta, tiene la propiedad de desarrollarse, ó bien, hacer que de ella crezca una nueva planta semejante á la que la ha producido.*

El grano de trigo, es una parte de la flor de la planta que al llegar á sazón, se separa fácilmente. El grano contiene en sí una pequeña planta simple ó rudimentaria, y al sembrarlo, ésta crece gradual-

mente hasta que queda *desarrollada* y forma una planta perfecta con raíz, tallo, hojas y flores, que á su vez, al madurar, dan lugar á nuevas simientes. Los cuerpos minerales no pasan por estos cambios de forma y tamaño regulares, ni tampoco se desprenden de una parte de la sustancia de su cuerpo para que siga la misma marcha ; ni tampoco presentan ese *desarrollo* y ni producen *semillas* ó *gérmenes* que pueden reproducir su especie.

63. *Los Animales Vivos, aumentan su tamaño por la adición constante de Sustancias iguales á las que componen sus cuerpos. Sin embargo, estas Sustancias principal y directamente provienen de otros animales ó de las plantas.*

La gallina, cuando está en el corral constantemente pica y traga granos de trigo ó de otras plantas, moscas y gusanos, es decir que se alimenta ; y todos sabemos, que si no se alimentase pronto moriría. También es cosa muy sabida, que no le serviría de nada á la gallina, el que se la abandonase en un campo sin otra cosa que tierra, mucha agua y mucho aire. En esto, la gallina ó el ave es como los demás animales, no puede elaborar ó componer por sí sóla las sustancias proteides que componen su cuerpo ; sino que tiene que tomarlas ya formadas, y en condiciones á propósito para asimilárselas con una pequeña modificación, y esto lo consigue devorando los cuerpos de otros animales ó los de las plantas. Las sustancias animales ó vegetales que ha comido pasan á su estómago, en donde son digeridas ó disueltas, con cuya transformación, se hallan

en condiciones para ser distribuidas ó repartidas á todas las partes del cuerpo de la gallina, donde se destinan á su manutención y crecimiento.

64. *Los Animales Vivos, cuando han llegado á cierto estado de su crecimiento, se desprenden de una parte de la Sustancia que compone sus Cuerpos; el Huevo por ejemplo, que tiene la Propiedad de Desarrollarse y de Crecer, dando lugar á un animal de la misma Especie que el que lo produjo.*

Como acabamos de mencionar el huevo, diremos que éste se forma en el cuerpo de la gallina, y es en realidad una parte de su propio cuerpo que se cubre con una cáscara y después es expelido ó echado al exterior y separado completamente del cuerpo del animal. El huevo contiene en su interior un germen ó rudimento de gallina, y cuando durante tres semanas se le tiene á una temperatura determinada, bien sea por el calor de la gallina ó bien por otro medio cualquiera artificial; dicho germen crece alimentándose con las sustancias que contienen la yema y la clara y al fin se convierte en un pájaro pequeño al que llamamos pollo, que después de salir de la cáscara llega á hacerse tan grande como las otras gallinas.

Por lo dicho, se ve que los animales se reproducen por el desarrollo de un germen, de la misma manera que lo hacen las plantas; y en lo que toca á este punto, los animales y las plantas tienen el mismo origen, y todos ellos se diferencian de los minerales.

65. *Los Cuerpos Vivos, se diferencian de los Minerales; en su Composición Esencial, en la Manera de Crecer y en que se reproducen por Gérmenes.*

Hemos visto que existe una gran diferencia entre la materia mineral ó inorgánica y la materia viva ú orgánica. Los elementos de que ambos se componen, son idénticos, y las leyes fundamentales de la materia y del movimiento rigen lo mismo para la una como para la otra; pero los cuerpos vivos, son por decirlo así una máquina muy complicada que "funciona" ó vive bajo ciertas condiciones especiales. El germen contenido en el huevo del ave, no requiere más que una cantidad de calor determinado por dos límites de temperatura muy próximos, y en esas condiciones las moléculas del huevo, se convierten en las del polluelo. El proceso del desarrollo del huevo, lo mismo que el de la semilla, no es ni más ni menos misterioso, que aquel que conocemos, cuando por la acción del frío las moléculas del agua, se unen entre sí para formarse cristales regulares.

66. *Verdades Fundamentales establecidas.*

Todos los cuerpos vivos contienen sustancias, cuya composición química es muy semejante, y que constituyen la base de la vida física; esta sustancia se conoce con el nombre de *protoplasma;* además á juzgar por los conocimientos de la ciencia hasta ahora, éste debe su origen únicamente á un protoplasma que le haya preexistido, ó en otras palabras

que le haya dado existencia. Todos los seres orgánicos, durante cualquier período de su existencia, consisten en una multitud de pequeñas porciones de dicha sustancia y de estructura semejante, llamadas *celdas* ó *celdillas*, y cada una, á pesar de ser influenciada por las que le rodean; sin embargo, tiene vida propia é independiente. Todos los caracteres morfológicos ó de forma física, que tienen las plantas y los animales, son el resultado necesario del modo de multiplicarse, el crecimiento, y la metamórfosis ó cambio de estructura de dichas celdas ó celdillas, consideradas como unidades, morfológicas.

Todas las actividades fisiológicas que observamos en los animales y plantas; como la asimilación, secreción, excreción, moción y generación, son simplemente la expresión y representación de la actividad de las celdas, consideradas como unidades fisiológicas. Cada individuo, entre los animales y plantas que se cuentan en la parte más alta de la escala de la creación, es una síntesis ó reunión de millones de pequeñas individualidades secundarias ó subalternas. No existe una línea divisoria entre la organización vegetal y la animal; su estructura íntima y las evoluciones ó cambios que experimentan las celdas en ambos, son las mismas consideradas desde un punto de vista fundamental. Además las formas más altas, se desenvuelven de las bajas durante el curso de su desarrollo, por procesos análogos de diferenciación, coalescencia y reducción, tanto entre los animales como entre el reino vegetal.

Á consecuencia de investigaciones importantes

á propósito de la estructura y metamórfosis del núcleo de las celdas, la teoría sobre éstas, está sufriendo un desenvolvimiento de gran significación, puesto que deja entrever, la posibilidad del establecimiento de una teoría física de herencia, que tendrá un fundamento más fuerte que las teorías establecidas ó iniciadas por Buffón y Darwin.

Un estudio más detenido de los cuerpos, objetos vivos ú orgánicos, nos conduciría á materias que están bajo el dominio de la *Biología*, la cual se divide en dos grandes ramas : la *Botánica* que estudia todo lo concerniente á las plantas, y la *Zoología*, que estudia lo referente á los animales.

Cada una de estas dos grandes ramas, se subdivide á su vez en otras, como : la *Morfología*, que trata de la forma, la estructura y el desenvolvimiento ó desarrollo de los cuerpos vivos, la *Fisiología* que explica sus acciones ó funciones, etc.

OBJETOS INMATERIALES.

67. *Fenómenos Mentales.*

Los objetos materiales pueden ser cuerpos privados de vida como los minerales ; ó también pueden tenerla, como sucede en los animales y las plantas. Dijimos que todos los objetos que ocupan espacio, ofrecen resistencia, tienen peso, y trasmiten el movimiento, pertenecen á una de esas dos grandes divisiones de la naturaleza. Las ciencias llamadas As-

tronomía, Mineralogía, Física y Química, estudian los primeros; mientras que la Biología con sus dos grandes divisiones la Botánica y la Zoología, se ocupa de los últimos. Sin embargo, los conocimientos naturales, no están limitados al estudio de las ciencias mencionadas, sino que van más allá, y en el primer párrafo de esta cartilla, hemos tenido ocasión de distinguir los *Objetos* ó *Cosas* materiales, de las *Sensaciones* y un solo momento de reflexión, es muy suficiente para convencernos de que las sensaciones no son objetos materiales. El olor, ni ocupa espacio ni tiene peso, y si dijéramos que teníamos un kilo ó un metro cúbico de sonido ó de luz, á todas vistas sería un absurdo. El placer en sentido figurado ó metafórico, se dice que es fugitivo; pero no podemos imaginarnos que el placer es una cosa en movimiento.

Lo que llamamos *emociones* carece del mismo modo de los caracteres de los objetos materiales. El amor ó el odio, no pueden ser figurados ni concebidos como objetos que tienen forma, peso, ni movimiento, y cuando pensamos, nuestros *pensamientos*, están de igual modo desprovistos de los caracteres de la materia.

Así pues, sensaciones, emociones y pensamientos, constituyen un grupo peculiar de los fenómenos naturales llamados *mentales*.

68. *Orden de los Fenómenos Mentales: Psicología.*

Entre los fenómenos mentales, como entre los materiales ó físicos, existe un orden definido de

sucesión, y ni la casualidad, ni el azar, ni los accidentes tienen nada que hacer con los unos ó con los otros ; es decir, que no puede haber efecto sin causa. Además hay una relación ó conexión de causa y efecto entre determinados fenómenos físicos y mentales ; por ejemplo, ciertas y determinadas sensaciones se producen siempre por la influencia de determinados cuerpos materiales sobre nuestros sentidos ; la punzada de una aguja da dolor, las plumas se sienten suaves, el yeso parece ó se ve blanco, etc. El estudio de los fenómenos mentales, el orden con que los unos suceden á los otros y las relaciones entre causas y efectos que se obtiene entre ellos y los fenómenos materiales ó físicos, pertenece al estudio de la *Psicología.*

Todos los fenómenos que observamos en la naturaleza, son ó materiales ó inmateriales, ó sean físicos ó mentales ; y no puede existir ciencia alguna, sin que tenga por objeto el conocimiento de esos grupos de objetos naturales, ó la relación que entre ellos existe.

FIN.

CAR

NOCIONES DE ... F. R. S.

NOCIONES DE ... R. S.

NOCIONES DE F... F. R. S.

NOCIONES DE AS... Por J. Norman Lockyer, F. R. S.
30 centavos.

NOCIONES DE GEOGRAFÍA FÍSICA..Por A. Geikie, F. R. S.
30 centavos.

NOCIONES DE GEOLOGÍA............Por A. Geikie, F. R. S.
30 centavos.

NOCIONES DE ECONOMÍA POLÍTICA...Por W. S. Jevons.
30 centavos.

NOCIONES DE BOTÁNICA.........Por el Dr. J. D. Hooker.
30 centavos.

GEOMETRÍA INVENTIVA..............Por W. J. Spencer.
20 centavos.

NOCIONES DE LÓGICA...................Por W. S. Jevons.
30 centavos.

CARTILLAS HISTÓRICAS:

NOCIONES DE HISTORIA DE EUROPA. Por E. A. Freeman.
30 centavos.

NOCIONES DE HISTORIA DE GRECIA....Por C. A. Fyffe.
30 centavos.

NOCIONES DE HISTORIA DE ROMA....Por C. Creighton.
30 centavos.

NOCIONES DE ANTIGÜEDADES ROMANAS. ....Por A. S. Wilkins.
30 centavos.

NOCIONES DE ANTIGÜEDADES GRIEGAS. ....Por J. H. Mahaffy.
30 centavos.

AGRICULTURA CIENTÍFICA, PRINCIPIOS ELEMENTALES DE. Por N. T. Lupton, Profesor de Química en la Universidad "Vanderbilt" de Nashville.

Contiene: El origen, composición, y clasificación de los terrenos; La composición de las plantas; Composición y propiedades de la atmósfera; El cuidado de los ganados; La manera de mejorar la condición de los terrenos, y multitud de materias relativas á la Agricultura como ciencia y como arte.

Clasificada y en orden numérico, con lenguaje sencillo y una tabla de preguntas útil y fácil de ser empleada por los maestros en general.

Un tomo encartonado, uniforme con nuestras otras Cartillas, de más de 100 páginas. 30 centavos.